Lehrstuhl für Sportpädagogik

der Technischen Universität München

Das „Linear - Isokinetische Bein – Extensions - Training“ („LIBET“) und die Wirkung des „Orthopädisch - Rehabilitativen Arm - Bein - Ergometer - Trainings“ („ORABET“) auf die Befindlichkeit aus medizinischer und pädagogischer Sicht bei Patienten mit vorderer Kreuzbandersatzplastik

Erich Blöchinger

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der

Philosophie (Dr. phil.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. Jürgen LOIBL

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Karl-Heinz LEIST

2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Andreas IMHOFF (Fak. ME)

Die Dissertation wurde am 11.11.1999 bei der Technischen Universität München eingereicht

und durch die Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften am 16.o2.2000 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Sport stellt ein Phänomen unserer Gesellschaft dar. So breit wie das Spektrum unserer Gesellschaft, so unterschiedlich ist die Art und Weise der sportlichen Betätigung. Sport wird zwar allgemein mit Gesundheit assoziiert, ist es aber zwangsläufig nicht. Je nach Ausführung und Motivation des Sportlers ist er mehr oder weniger gesund. Typisch für unsere Zeit ist das Eingehen teilweiser erheblicher Risiken beim leistungsorientierten Sporttreiben um Lust, Selbstverwirklichung, Bestätigung in der Gruppe oder einen bestimmten sozialen Status zu erreichen. Neue Modeerscheinung z.B. der taillierte „Carver-Ski“ im Skisport erhöhen das Verletzungsrisiko. Typische Sportverletzungen wie die Ruptur des vorderen Kreuzbandes werden dadurch begünstigt und fallen im Schweregrad gravierender aus. Das Kreuzband wird zwar heute in der Regel relativ erfolgreich operativ ersetzt. Für den Erfolg einer Rehabilitation ist nicht nur das primäre operative Ergebnis wichtig. Das physische und psychische Trauma der Verletzung und der Operation stellt in der Rehabilitation eine Herausforderung dar, die am besten im interdisziplinären Team realisiert wird. Zunehmend setzt sich die Erkenntnis durch, dass das Verhalten des Patienten vor, während und nach einer Rehabilitationsmaßnahme entscheidend für das Gesamtergebnis ist. Information, Einfühlungsvermögen und didaktische Führung des Patienten werden immer bedeutsamer. Der Autor will mit dieser Arbeit die Bedeutung der Verquickung medizinischer und pädagogischer Ansichten in der Rehabilitation vorstellen und fördern. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den psychischen und physischen Effekten bei Patienten nach einer arthroskopisch operierten vorderen Kreuzbandersatzplastik während einer stationären Rehabilitationsmaßnahme. Es werden technische Lösungen vorgestellt, um Kraft und Ausdauer zu einem Zeitpunkt trainieren und testen zu können, was bisher nicht möglich war. Die Wechselwirkung eines neu entwickelten Ausdauertrainingsform auf die Befindlichkeit wird geklärt. Um dies zu erreichen werden die folgenden drei Fragestellungen beantwortet:

1. Eignet sich das linear-isokinetische Bein-Extensions-Training („LIBET“) für die Rehabilitation von Patienten nach vorderer Kreuzbandersatzplastik (eine empirische Untersuchung)?
2. Wird durch ein orthopädisch-rehabilitatives Bein-Ergometer-Training („ORABET“), in Form eines 45minütigen Grundlagenausdauertraining, mit der gewählten Belastung von 3 mmol/l Laktat während des Rehabilitationsaufenthalts, 5 mal in der Woche durchgeführt, ein signifikanter Trainingserfolg bezüglich der Ausdauer erzielt?
3. Wie wirkt sich das „ORABET“- Training auf die Befindlichkeit der Patienten aus?

2 Grundlagen

2.1 Pädagogische Grundlagen

2.1.1 Sportpädagogische Grundlagen

Eine Studie aus den U.S.A. berichtet über keinerlei Nutzen einer Rückenschule im Berufsleben. Über fünf Jahre wurden 4000 Postangestellte untersucht ohne das sich Schmerz, Fehlzeiten oder Behandlungskosten reduzierten (DALTROY 1997). LÜHMANN (1998) zweifelt über die angebliche Effektivität von Rückenschulen, wenn sie zu medizinisch ausgerichtet sind. Kritisiert wird eine zu medizinische Zielsetzung, die außerhalb der Arbeitsplatzumgebung realisiert wird. In einem Literaturüberblick schlägt NIESTEN-DIETRICH (1999) in dieselbe Kerbe, indem er empfiehlt die Konzeptionen von Rückenschulprogrammen neu zu überdenken und zu verbessern. Einen biomedizinisch begründeten Gesundheitsaktionismus kritisiert auch BRODTMANN (1998). Speziell die wirklichen Risikofaktoren müssen erkannt und angegangen werden. Da Sport aus therapeutischer Sicht prinzipiell gesund sein soll, wird der Begriff „Gesundheit“ aus verschiedenen wissenschaftlichen Perspektiven diskutiert. Die handlungstheoretischen Ansätze der heutigen Zeit werden kombiniert mit den Ressourcen-Theorien der Psychologie. In der Empowerment-Theorie von RAPPAPORT (1984) wird eine neue Sinnperspektive für die pädagogische Beratung und Forschung angeboten. Danach soll ein Individuum befähigt werden sich mehr Kenntnis, Nutzungsmöglichkeiten und Macht über eigene und umweltbezogene Ressourcen zu verschaffen. Das heißt alle Möglichkeiten ausnützen zu lernen, die zu einer Verbesserung und Bewältigung der Lebenssituationen beitragen. Mehr Selbstkompetenz und Selbsthilfe tragen diese Theorie.

Nach LEIST (1993, 225) gehören dreierlei Angaben zur Bestimmung von Gesundheit als Lehr-/Lernziel:

(a) Angaben zu den Gesundheitsaufgaben.
(b) Angaben zu gesundem Handeln als Bewältigung solcher Aufgaben auf einem bestimmten Niveau.
(c) Angaben zur Wahrscheinlichkeit, mit der jemand den in (a) und (b) definierten Stoff beherrscht.

Im Gegensatz zu Belastungen in sportlichen Leistungssituationen steht das sportliche Handeln aus phänomenologischer Sicht. Es ist gesund, wenn man sich einigermaßen frohgemut, unbeschwert und zuversichtlich ans Werk macht, den Aufwand dosieren, noch frei atmen, frei blicken, frei wahrnehmen und agieren kann. Auch bei andauernder Anstrengung ist es wichtig die Belastung immer im Griff zu haben (LEIST 1993,225).

Leistungsphysiologisch gesehen ist gesunder Aufwand durch Normen für Blutdruck, Pulsfrequenz usw. gekennzeichnet (LEIST 1993,225). Psychisch gesehen, nimmt man sich gesund in Anspruch, durch die Wahl des Leistungs- bzw. Belastungsniveaus, die sowohl physische Belastungen, als auch soziale Bezugsnormen impliziert. Durch Inanspruchnahme werden Ressourcen bzw. Potentiale aktiviert. Gesund ist, wenn eine entsprechende Anstrengung gefordert wird, dabei die Handlungskontrolle erhalten bleibt und die Potentiale nach Belastungsende wohltuend wieder hergestellt werden. Das gilt auch für Belastungen, die über das alte Maß hinaus sinnvolle Reize für den Aufbau von Potentialen setzt, so dass nach einer Adaptationszeit die neuen Belastungen in alter Weise bewältigt werden können (LEIST 1993,341). Grundlage der heutigen Gesundheitstheorien ist eine Veränderung des Gesundheitsbegriffes. Gesundheit ist mehr als nur das „Schweigen der Organe“. BRODTMANN (1998) beschreibt die Konsequenzen die aus der Entwicklung des traditionellen pathogenetischen zu einem salutogenetischen Ansatz für den Sport entstehen. Es steht nicht mehr die unrealistische Forderung der Vermeidung von Risikofaktoren im Vordergrund. Viel wichtiger ist die Frage: „Was lässt Menschen gesund bleiben, auch wenn sie in erheblichem Umfang und Intensität Risikofaktoren ausgesetzt sind ?“ Gesundheit wird heute als Gleichgewichtszustand des objektiven und subjektiven Befindens einer Person definiert. Dieser ist gegeben, wenn sich im psychischen und sozialen Bereich ein Einklang mit den eigenen Möglichkeiten, Zielvorstellungen und der äußeren Lebensbedingung einstellt. Gesund sein wird, sowohl unter einem materiellen, als auch einem formellen Aspekt gesehen. Je höher beide Faktoren sind, um so intensiver ist die „flow experience“ (LEIST 1999).

Gesundheit ist ein Balancezustand aus intrinsischen und extrinsischen Zielen, der immer wieder neu hergestellt werden muss (KOLIP ET AL. 1995 / LEIST 1999).

Der wissenschaftliche Paradigmenwechsel bezieht sich vor allem auf die Arbeiten von ANTONOVSKY (1972), aus denen sich die Bedeutung von Schutzfaktoren entwickelt hat (BRODTMANN 1998, 16). Schutzfaktoren sind überdauernde Einstellungen des Menschen zu sich selbst und zu Veränderungen ihrer Umwelt (WALLER 1995, 27). Nach ANTONOVSKY prägt der Kohärenzsinn eines Menschen die generalisierten Widerstandsquellen, die auf den personellen und konstitutionellen Ressourcen basieren (siehe Abbildung 1).

Die grundlegende Überzeugung in die Sinnhaftigkeit des eigenen Lebens und Tuns (meaningfulness), stützt sich auf ein Urvertrauen in die eigenen Fähigkeiten (comprehensibility) und das Zurechtkommen (manageability) auf künftige Anforderungen. Forschungen zur Salutogenese haben zu einer neuen Sichtweise von Gesundheit geführt:

Gesundheit ist das dynamische Wechselspiel von Risikofaktoren und Schutzfaktoren.

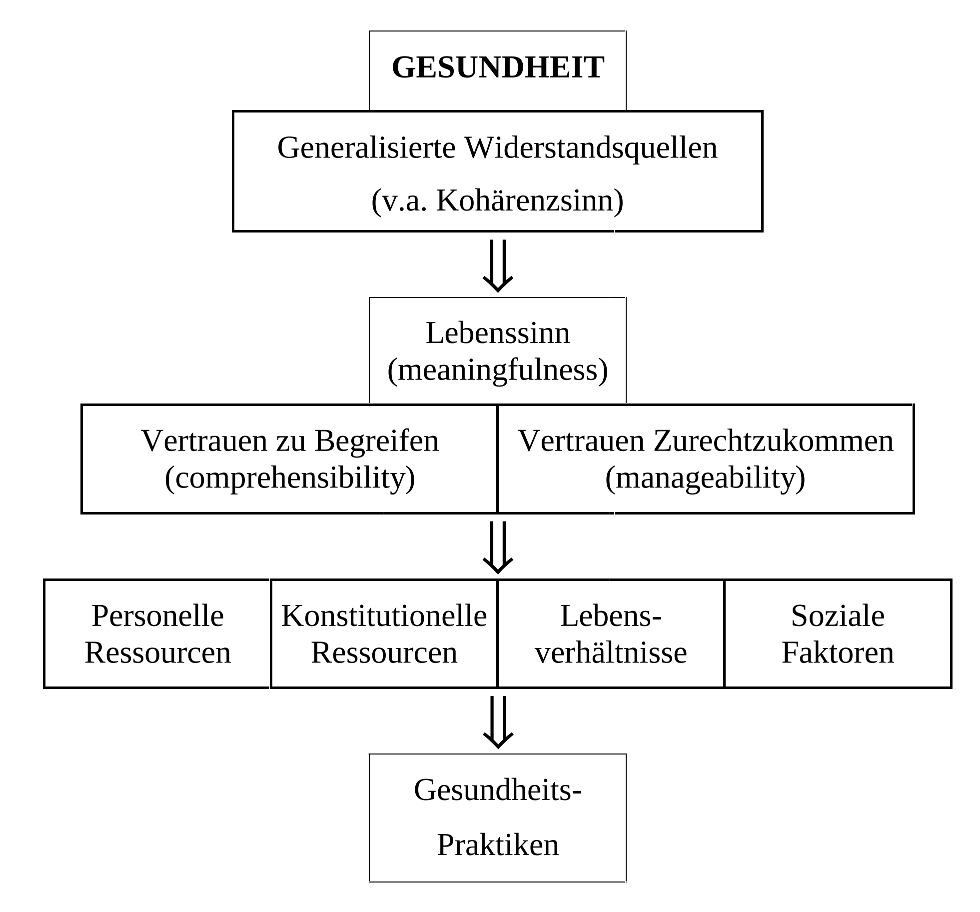


Abbildung 1: Individuelle Einfußfaktoren für Gesundheit (vgl. BRODTMANN 1998,17)

Personellen Ressourcen:

Lebenssinn, positives Selbstkonzept, Überzeugung als Person wertvoll und wichtig sein + Herausforderungsoptimismus, habitueller Optimismus, Kontrollüberzeugungen, soziale Beziehungsfähigkeit, Selbstwirksamkeitserwartung, Offenheit für Neues, Engagement

Konstitutionellen Ressourcen:

aktuelle psychische Befindlichkeit, seelische Verfassung, + körperliche Verfassung: Fitness, genetische Ausstattung, Immunsystem, Ernährungs-, organischer Funktionszustand

Gesundheitspraktiken:

Entspannungstechniken, Fitnesstraining, gesunde Ernährung, Gewichtsreduzierung, Verzicht auf schädigende Substanzen

Die eigenen Ressourcen werden, je nach Gewichtung und Ausprägung durch die grundlegenden Lebensverhältnisse (wirtschaftliche, gesellschaftliche, kulturelle, ökologische, berufliche, private Verhältnisse) positiv und negativ beeinflusst. Als wichtigster Schutzfaktor bzw. Risikofaktor wird die soziale Unterstützung angesehen. Art, Umfang und Intensität der sozialen Bindungen gelten heute als bedeutsame Faktoren für Vorhersagen zur Lebenserwartung (WALLER 1995, 37). Die geschilderten Wechselbeziehungen sind

dynamisch, aus ihnen ergeben sich unterschiedliche Gesundheitspraktiken, die je nach Art, Umfang und Qualität mehr oder weniger gesundheitsfördernd oder krank machend sind. Somit hat sich auch ein Wechsel der Gesundheitsdefinitionen bei der Weltgesundheitsorganisation (WHO) vollzogen. Die utopische Forderung der WHO aus dem Jahre 1946: „Einen Zustand vollkommenen, körperlichen, seelischen und sozialen Befindens erreichen zu wollen", ist überholt. In der Ottawa-Charta definiert die WHO Gesundheit als einen permanenten Prozess.

Gesundheit ist ein positives Konzept, das in gleicher Weise soziale und individuelle Ressourcen, wie die körperlichen Fähigkeiten betont (WHO 1992,17).

Alle Menschen sollen zu einem höheren Maß an Selbstbestimmung und damit zur Stärkung ihrer Gesundheit befähigt werden. Sie ist dadurch nicht nur eine individuelle Aufgabe, sondern auch eine große politische Herausforderung (vgl. RIEDER 1996 zu SCHIPPERGES 1986,21). Auf Grund ihrer anthropologischen und ganzheitlichen Art können die einzelnen Wissenschaftsdisziplinen immer nur einen Teil des Spektrums gesundheitlicher Fragestellungen bearbeiten und beantworten. Die Bekämpfung der Risikofaktoren ist das primäre Ziel der medizinischen Fachgebiete. Die Pädagogen und Sozialwissenschaftler müssen die Förderung der Schutzfaktoren voranstellen. Bewegung als Schutzfaktor der Gesundheit zu erklären und weiterzugeben ist die Aufgabe der sportpädagogischen Wissenschaftler. Soweit Gesundheit eine individuelle Aufgabe bleibt, ist die Richtung und Differenzierung eine aktuelle Ausbildungsaufgabe. Neben dem Vermitteln eines breiten Wissens dient sie als Grundlage für Beratungsgespräche, die künftig noch weiter entwickelt werden müssen (RIEDER 1996).

RIEDER (1988, 5-6) stellt die übergreifenden Erziehungsziele in den pädagogischen Aspekten der Sporttherapie vor, in der das Lernen durch Einsicht die zentrale Rolle spielt:

1. Gesundheitserziehung
2. Steigerung von Fähigkeiten und Fertigkeiten, sowie der Selbsteinschätzung und Selbstverantwortung
3. Umgang miteinander - Interaktionen

zu 1. <u>Gesundheitserziehung</u>

Überdauernde Gewohnheiten zu entwickeln sind in 2-6 Wochen Krankenhausaufenthalt kaum möglich. Aber über Spiel, Sport und Bewegung kann zu einer überdauernden Gesundheitskompetenz beigetragen werden (RIEDER 1988, 5) durch:

- Attraktivität des angebotenen Sportprogramms,
- Teile davon jederzeit zu Hause weiterführen zu können,

- Motivierende Anfangserfolge und bestätigende Einsichten,
- Kontinuierliche Nachsorge über ambulante Gruppen,
- wiederholtes Erleben, dass man sich nach Sport besser und wohler fühlt, auch seinen Fitnesszustand selbst beurteilen zu können.

Zu 2. Steigerung von Fähigkeiten und Fertigkeiten, sowie der Selbsteinschätzung und Selbstverantwortung

RIEDER beschreibt diese Fähigkeiten bezogen auf das Schätzen des Pulses bei einer Herzsportgruppe oder der verbesserten Koordinationsleistung beim Spiel mit Bällen. Genauso wie eine verbesserte Beweglichkeit sind diese Leistungen objektiv messbar und subjektiv fühlbar. Selbstreflexion und Beurteilung eines Wertes eigener motorischer Handlungen sind bei Erwachsenen ein wichtiges pädagogisches Mittel, da sie ein Lernen durch Einsicht fördern. Es wird auf den Umstand hingewiesen, dass Sportlehrer diese Leistungsfähigkeit gerne bei jeder neuen Bezugsgruppe unterschätzen (RIEDER 1996,3) .

Zu 3. Umgang miteinander - Interaktionen

Sich nach außen öffnende Verhaltensweisen sind sehr persönlichkeitsabhängig und stabil. Sie ergeben sich von selbst und sind meist vom Therapeuten nicht bewusst angestrebt. Durch bestimmte Aufgabenstellungen z.B. wie bei den „kleinen Spielen“ können sie gezielt gefördert werden. Methodische Mittel dazu sind Angebote: mit gegenseitigen Hilfestellungen, gemeinsame Aufgaben lösen, Gruppenleistungen, Partneraufgaben, Mannschafts- und Ballspiele. Groß ist die Rolle des Therapeuten, wenn er durch Aufgeschlossenheit zu Fragen und Gesprächen provozieren und als Modell fungieren kann. Die gruppendynamischen Prozesse ergeben ein Interaktionsgefüge, das um so dichter wird, je länger eine Gruppe zusammen bleibt. Die relativ kurze Zeit eines Klinikaufenthaltes lässt häufig nur initiale Erfolge erzielen, kann aber keine neuen Interaktionsstile stabilisieren (RIEDER 1988, 6).
Auf dem Gebiet der Sporttherapie gibt es viele Veröffentlichungen, die sich mit der Rehabilitation internistischer, neurologischer oder psychosomatischer Patienten auseinandersetzten. Orthopädische Beiträge beziehen sich nur auf ältere Patienten (BRACH 1997).

2.1.2 Sporttherapeutische Grundlagen

Neben dem medizinischen Befund, spielt in entsprechender Wechselwirkung der aktuelle Gemütszustand des Patienten eine täglich zu beachtende Größe (MIELKE 1997). In vielen Definitionsversuchen von „Gesundheit“ kommt vor allem im Zusammenhang mit sportlicher Betätigung der Begriff „Wohlbefinden“ vor. Bereits in der Gesundheitsdefinition der Weltgesundheitsorganisation WHO („World Health Organization“) von 1949 werden neben dem

Fehlen von Krankheiten und Gebrechen psychologische und soziale Komponenten betont. Gesundheit wird hier nicht mehr über Schwere und Art bestehender Krankheiten definiert. Es wird vielmehr versucht, Wohlbefinden in körperliche, seelische und soziale Aspekte zu gliedern. Der sportlichen Aktivität wird ein hoher Zusammenhang mit Wohlbefinden zugesprochen. Mit richtig dosierter sportlicher Belastung wird die körperliche Funktionstüchtigkeit erhalten, verbessert oder wiederhergestellt. „Bleiben entsprechende Belastungen aus, wird die körperliche Funktionstüchtigkeit gestört. Missbefinden in vielfältiger Form ist die Folge solcher Störungen“ (ABELE/BREHM 1991, 279). Nach Verletzungen und Operationen am Bewegungsapparat und der zwangsläufig folgenden Immobilisation ist häufig eine entsprechende Belastung nicht mehr möglich. Zusätzlich zum physischen Gebrechen hat dies negative Auswirkungen auf die psychischen und sozialen Komponenten der Gesundheit. Bei Leistungssportlern ist zu beachten, dass je höher der Trainingzustand ist, desto größer die Beschwerden durch abrupt einsetzende Immobilisation (vgl. Abbildung 2). Besonders Leistungssportler leiden unter den Folgen des Bewegungsmangels. Nach einer gewissen Trainingsgewöhnung neigen die Sportler dazu übermotiviert und unvernünftig zu werden. Ungesund ist in diesem Zusammenhang die Fehlinterpretation von Signalen der Überlastung (LEIST 1993, 341). Diese Gefahr besteht häufig bei leistungsorientierten Sportlern und bedarf subjektiver und objektiver Messinstrumente und eines geschickten pädagogischen Therapeuten („Lehrers“), um den Patienten („Lerner“) optimal zu führen (Abbildung 3). Auf Grund der Kenntnisse aus der Anamnese, der Beobachtung des Patienten, durch Fragen und Gespräche und viel Erfahrung, kann der Therapeut den jeweiligen Patienten besser einschätzen. Dabei sind als Hilfsmittel objektive Messungen unverzichtbar, die den Anforderungen des Patienten gerecht werden und zudem eine möglichst hohe Zuverlässigkeit und Gültigkeit haben.

1. Allgemeine Beschwerden
   extremer Leistungsabfall
   Müdigkeit und dennoch Schlafstörungen
   Reizbarkeit (gespannte Erschöpfung)
   Wetterfühligkeit
   Schweißausbrüche
   Angstgefühle und Depressionen
   Unwohlsein
2. Herzbetonte Beschwerden
   Herzklopfen
   Herzsensationen
   erhöhter Ruhepuls
   extreme Erhöhung der Trainingsherzfrequenz
3. Kreislaufbezogene Beschwerden
   Schwindelgefühl
   Flimmern vor den Augen
   Ohrensausen
   Leergefühl im Kopf
   Kältegefühl in Händen und Füßen
   Wechsel von erhöhtem und erniedrigtem Blutdruck
4. Atmungsbezogene Beschwerden
   Seufzeratmung
   Gähnzwang
   Hyperventilation
5. Verdauungsbezogene Beschwerden
   Appetitlosigkeit
   Unverträglichkeit von Speisen

Abbildung 2: Beschwerden bei Bewegungsmangel (modifiziert aus: BLÖCHINGER 1989, 16)

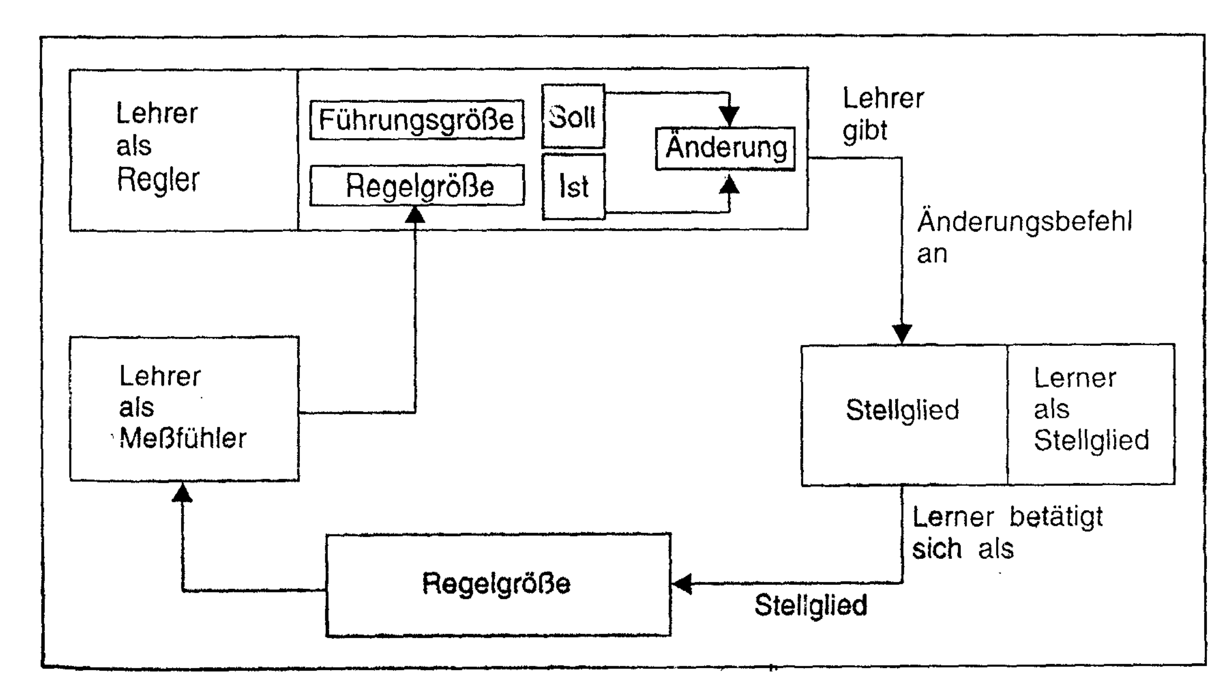


Abbildung 3: Refunktionalisierungs-Modell des motorischen Lernens (LEIST 1993, 247).

„Rehabilitatives Training bedeutet im allgemeinen den Einsatz verschiedenster krankengymnastischer und sportlicher Maßnahmen in der Rehabilitation, mit dem Ziel der Wiederherstellung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Lebenstüchtigkeit" (GOLLNER et al. 1991, 11). Zunehmend bringen Sportlehrer sporttherapeutische Inhalte in die ambulanten und stationären Rehabilitationseinrichtungen mit ein (siehe Abbildung 4). Laut seinem Positionspapier (Deutscher Verband für Gesundheitssport und Sporttherapie e.V. 1997, 151) definiert der Verein Sporttherapie wie folgt:

„**Sporttherapie"** ist eine bewegungstherapeutische Maßnahme, die mit geeigneten Mitteln des Sports gestörte körperliche, psychische und soziale Funktionen kompensiert, regeneriert, Sekundärschäden vorbeugt und gesundheitlich orientiertes Verhalten fördert.

Sporttherapie beruht auf den biologischen Gesetzmäßigkeiten und bezieht besonders pädagogische, psychologische und sozio-therapeutische Elemente mit ein und versucht eine überdauernde Gesundheitskompetenz zu erzielen". Die klassische Krankengymnastik beruht eher auf einer klassisch - naturwissenschaftlich orientierten Basis. Die heutige Naturwissenschaft hat ein ganzheitlicheres Bild vom Menschen wiederentdeckt. Erfahrungsgemäß haben sich beide Richtungen bewährt (LEIST 1993, 103). Die Sporttherapie verfolgt einen ganzheitlichen und multiperspektivischen Ansatz, der aus eigenem Selbstverständnis heraus kooperativ und interdisziplinär ist (siehe Abbildung 5).

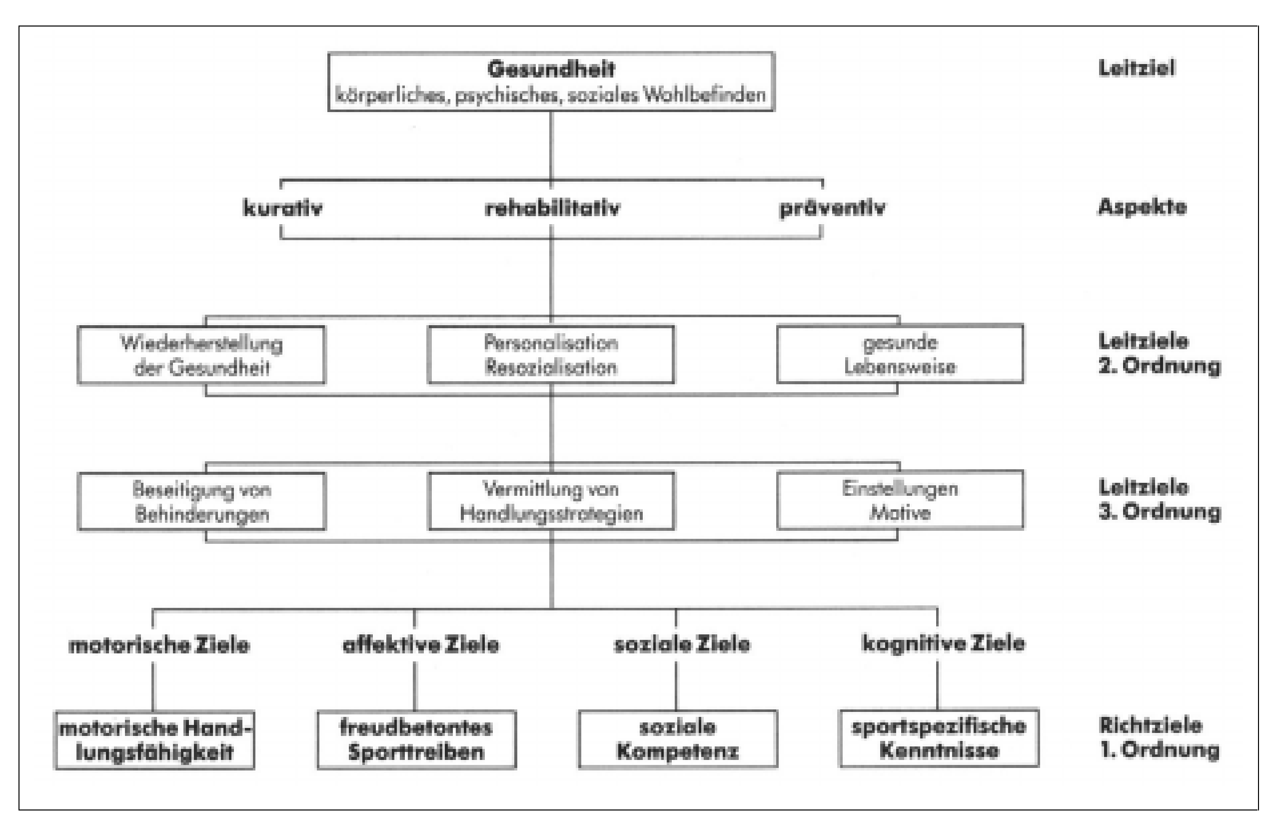


Abbildung 4: Makroanalyse sporttherapeutischer Ziele (PITTROFF/BÖS/WYDRA 1988, 3)

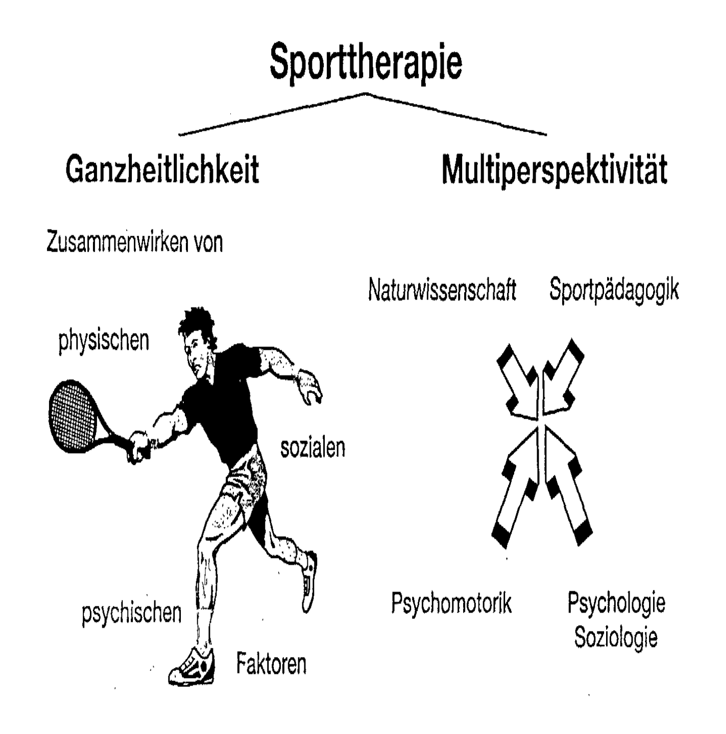


Abbildung 5: Der ganzheitliche und multiperspektivische Ansatz der Sporttherapie (QUINTEN 1998, 798)

2.2 Anatomische und klinische Grundlagen

2.2.1 Die vordere Kreuzbandruptur

2.2.1.1 Verletzungsmechanismus

Bei allen körperbetonten Sportarten sind die Bänder des Kniegelenks verletzungsgefährdet. Der Kontakt mit den Gegnern kann zu Bewegungen führen, die über das normale Bewegungsmaß hinaus. Am häufigsten treten Kreuzbandverletzungen beim Fußball und im alpinen Skisport auf. Der in der Literatur beschriebene erhebliche Anstieg der Knieverletzungen in den letzten Jahren im Skisport kann zum Teil durch die verbesserte Diagnostik erklärt werden (mündliche Mitteilung durch den Mannschaftsarzt der deutschen Skinationalmannschaft H. HÖRTERER 1998).

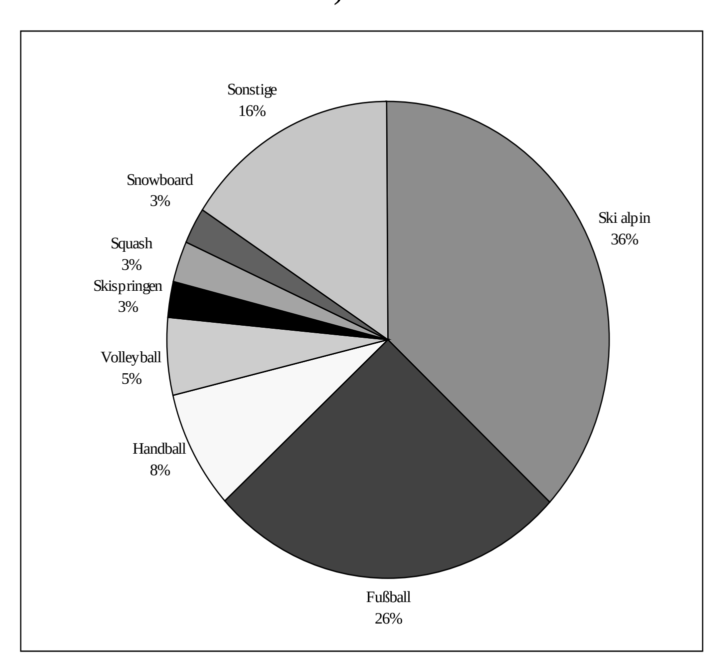


Abbildung 6: Sportbedingte Unfallursachen bei den an der Studie beteiligten Patienten

Abbildung 6 zeigt den prozentualen Anteil der unfallverursachenden Sportarten der an der Studie beteiligten Patienten. Meist handelt es sich nicht um isolierte Rupturen des vorderen Kreuzbandes, sondern um kombinierte Bandverletzungen (GEYER 1989, 145). Diese sind die Folge des komplexen Zusammenwirkens der Kniebänder bei der Stabilisierung des Gelenkes. Heutzutage sprechen die Orthopäden von einer anterior - medialen Instabilität, die je nach dem Ausmaß der Instabilität in die Schweregrade 1, 2 und 3 unterteilt wird (MÜNCH 1997, 371).

Folgende Verletzungsmechanismen treten am häufigsten auf (PETERSON/RENSTRÖM 1987, 286ff):

Verdrehungen im Kniegelenk ohne Körperkontakt:

Durch Drehbewegungen bei fixiertem Fuß (z.B. wenn beim Fußball die Stollen im Gras hängen bleiben oder beim Skifahren die Skier verschneiden) reißt das vordere Kreuzband.

Krafteinwirkung gegen die Außenseite des Kniegelenks:

Dies ist die häufigste Krafteinwirkung auf das Kniegelenk. Meist wird dadurch eine Kombinationsverletzung von innerem Seitenband, vorderem Kreuzband und Innenmeniskus verursacht. Bei extremen Krafteinwirkungen kann dazu das hintere Kreuzband reißen.

Krafteinwirkung auf die Innenseite des Kniegelenks:

Bei stärkeren Einwirkungen auf die Innenseite des Kniegelenks kann das äußere Seitenband und das vordere Kreuzband geschädigt werden.

Krafteinwirkung mit Überstreckung bzw. -beugung:

Durch Krafteinwirkung von vorn auf das Kniegelenk (z.B. Sturz auf das gebeugte Knie) kommt es zu isolierten Verletzungen des vorderen oder hinteren Kreuzbandes.

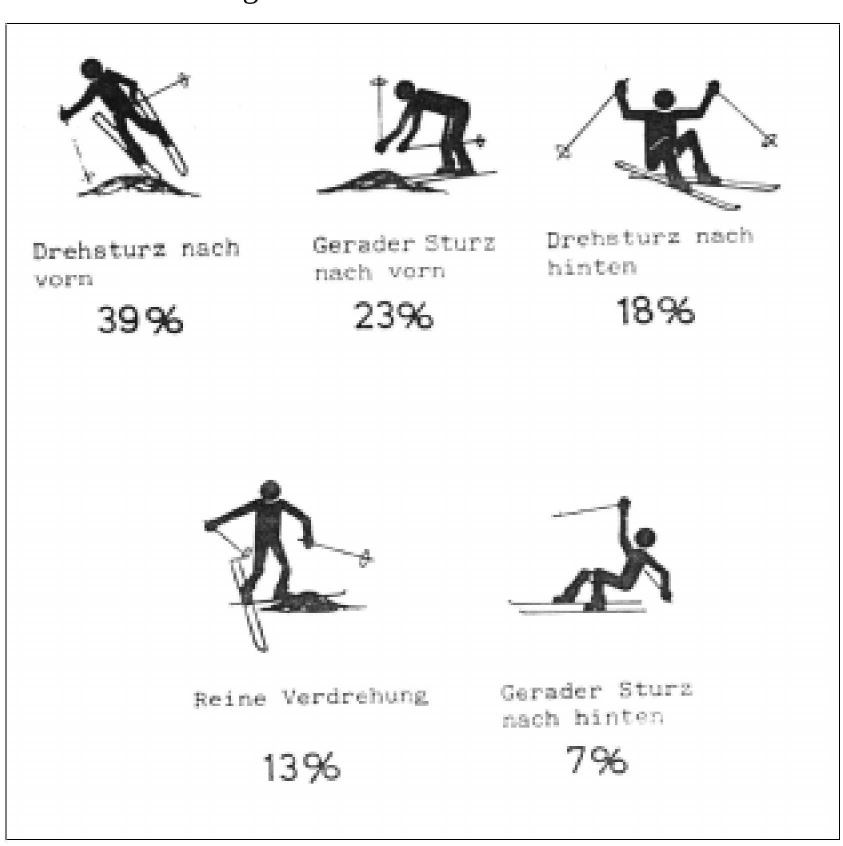


Abbildung 7: Art des Skisturzes bei 720 Skiverletzungen (YOUNG et al. 1977, 42)

2.2.1.2 Operative Behandlung

Auf Dauer ist die Ruptur des vorderen Kreuzbandes muskulär nicht kompensierbar (STROBEL et al. 1995, 78). Die schlechte Durchblutung des Kreuzbandes und die spezifische Faserstruktur machen eine alleinige (primäre) Naht als Behandlung uneffektiv und führte in den meisten Fällen zur erneuten Instabilität. Heute wird das gerissene Kreuzband meistens bei jungen und sportlich Aktiven ersetzt. Der Verlust eines so zentralen Stabilisators im Binnenraum des Kniegelenks führt auf Dauer zu weiterer Instabilität. Langfristig drohen irreversible Spätschäden wie die Gonarthrose. Heute noch ist die operative Rekonstruktion des gerissenen Bandes umstritten. Personen die keine sportlichen Ansprüche an ihr Knie stellen, werden heute nicht zwangsläufig operiert. Einige Personen sind prinzipiell nicht zu einer Operation bereit oder trauen sich die anschließende Rehabilitationsphase bis zu einem Jahr aus mentalen und zeitlichen Gründen nicht zu. Da früher häufig Kreuzbandrisse nicht erkannt wurden, können die Verletzungen bereits Jahre zurückliegen und es entwickelten sich auf Grund der Instabilität sekundäre Knorpelschäden. Da sich ein gerissenes Band zurückbildet, findet der Operateur oft keine Kreuzbandstrukturen mehr. Wenn die Patienten nicht zu alt sind, wird der anterior medialen Instabilität durch eine Kreuzbandersatzplastik begegnet. Nach einer Untersuchung von JEROSCH u.a. (1994) entscheiden sich 56,8 % der Ärzte bei der Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur für eine Operation.

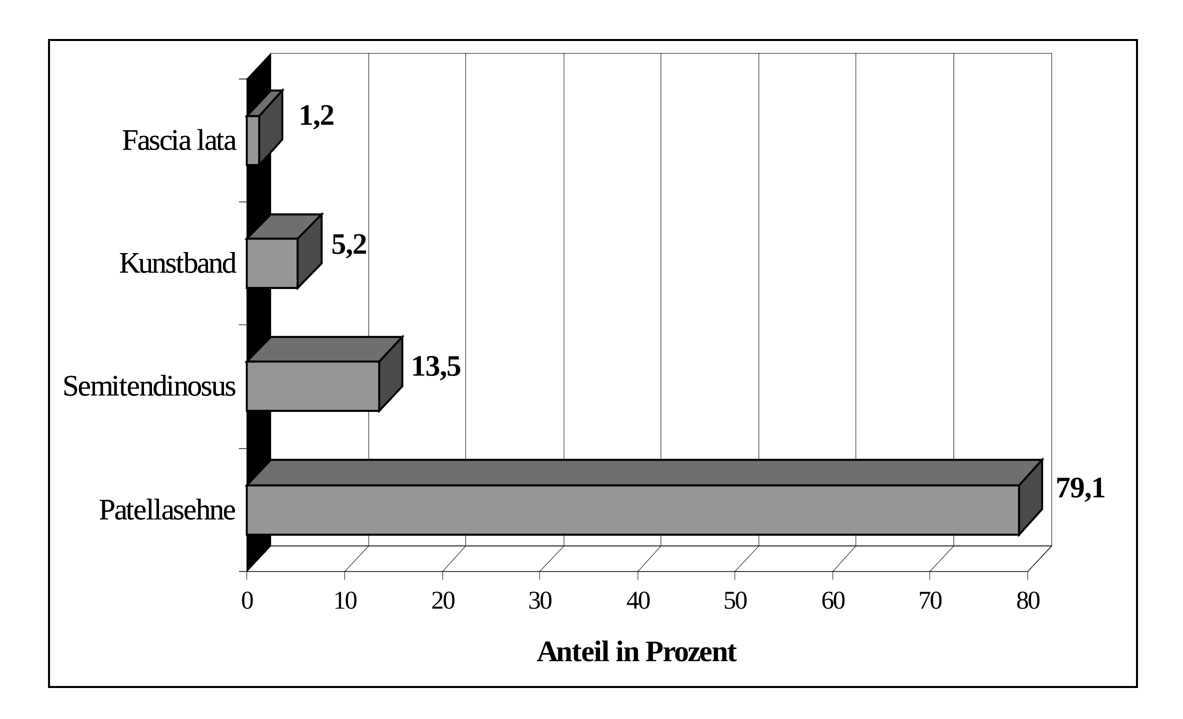


Abbildung 8: Prozentuale Verteilung der Kreuzbandtransplantate (aus: JEROSCH 1994, 52)

Laut Abbildung 8 entschieden sich bei der Wahl des Transplantates fast 80 Prozent für die Patellasehne. Der Ersatz durch den mittleren Anteil der Patellasehne wird inzwischen als „golden standard“ bezeichnet (WOO et. al. (1997) / ENGELHARDT et. al. 1997).
Außer der Ersatzplastik mit der Semitendinosussehne spielen heute andere Materialen keine Rolle mehr. Der Verlust der Sehne als Transplantat wird meist durch die anderen Sehnen der Pes anserinus-Gruppe gut kompensiert. Operateure setzen sie gerne ein, wenn der Ersatz nach einer frischen Verletzungen erfolgt oder der Patient berufliche oder sportliche Betätigungen ausführt, bei denen er sich hinknien muss. Bei Druckbelastung schmerzt die Entnahmestelle der Patellasehne oft noch Monate lang. Sie gilt jedoch als die primär stabilste Plastik und verspricht bei entsprechender Rehabilitation langfristig stabile Knieverhältnisse.
Bei Frauen stellt Schwangerschaft eine absolute Kontraindikation dar.

2.2.1.3 Arthroskopischer Ersatz des vorderen Kreuzbandes

„Die Methode der Arthro - Endoskopie gestattet es, das Gelenkinnere sichtbar zu machen und krankhafte Veränderungen zu beurteilen. Sie ist allen übrigen Untersuchungsmethoden überlegen und lässt, ähnlich wie die Endoskopie der Blase, bestimmte Operationsindikationen stellen. Sie wird auch wie diese auf Widerstände stoßen, sicher aber an Boden gewinnen und sich so aufbauen lassen, dass sie unentbehrlich wird“ (BIRCHER 1922, 1460). Im „Klassiker der Diagnostik des Kniegelenkes“ laut: Prof. E. BRUG (1995) steht: „Die Arthroskopie des Kniegelenkes ist ein weit verbreitetes Verfahren zur Diagnostik und Therapie nahezu aller pathologischer und intraartikulärer Veränderungen. Sie steht am Ende der "diagnostischen Kette". Heute nimmt die Arthroskopie einen bedeutenden Stellenwert im klinischen Alltag einer jeden orthopädischen und traumatologischen Abteilung ein. Die Hauptgefahr liegt in der zu kritiklosen, sogar vorschnellen Anwendung. Verstümmelnde Arthrotomien (z.B. offene operative Eingriffe) sollten vermieden werden“ (STROBEL et al. 1995, 407).
Noch heute wird heftig diskutiert, ob ein gerissenes Kreuzband ersetzt werden soll. Bei jungen meist sportlich aktiven Patienten besteht derzeit keine Alternative zur Kreuzbandrekonstruktion (BURGKART et al. 1998). Der arthroskopische Ersatz des gerissenen Kreuzbandes mittels einer autologen Sehne (Patella- oder Semitendinosussehne) ist die Therapie der Wahl (STROBEL et al. (1995) / REISNER et al. 1997, 183).
In diese Untersuchung kamen nur Patienten mit einem Kreuzbandersatz durch ein autologes, mittleres Patellarsehnendrittel (siehe Abbildung 9).

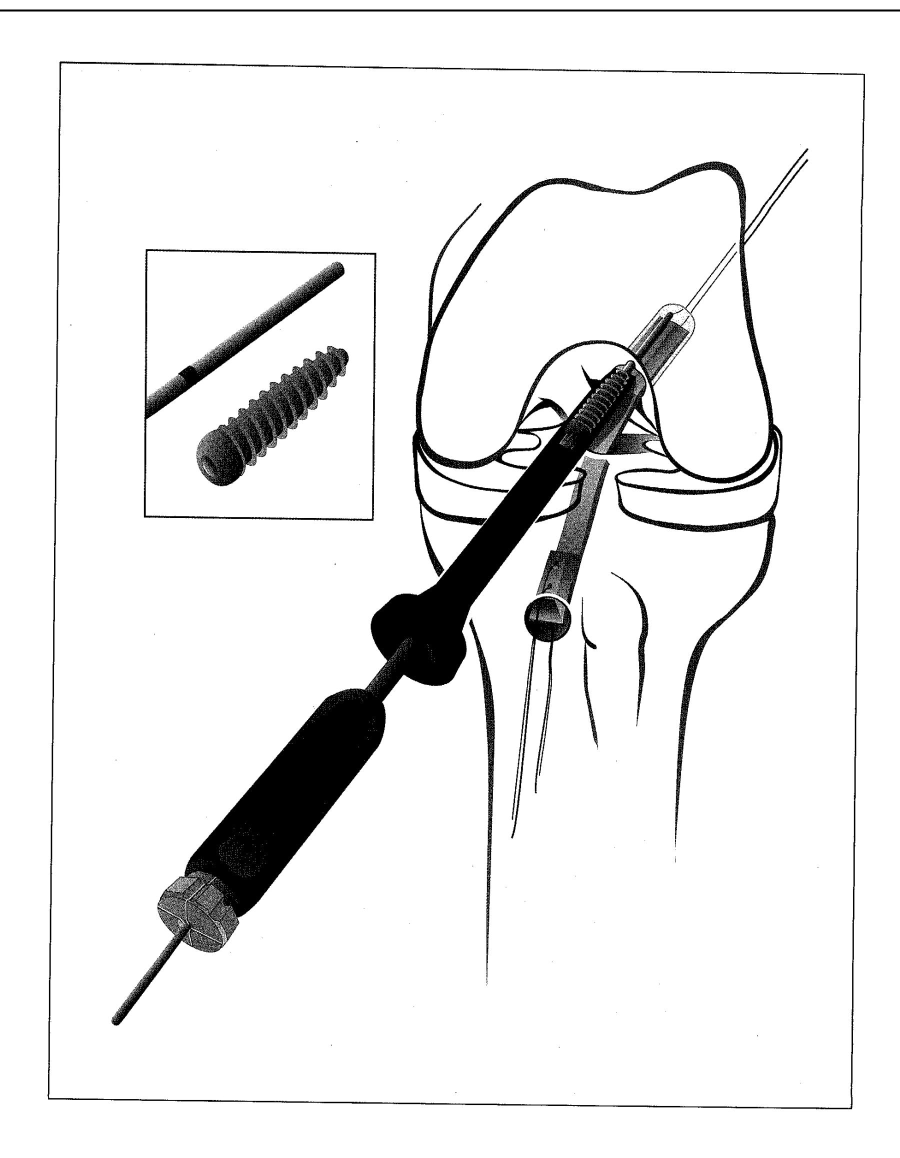


Abbildung 9: Arthroskopischer Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit einem mittleren Patellarsehnendrittel und der Fixation durch Interferenzschrauben (CLANCY et. al. 1991).

Bei der Entnahme des mittleren Anteils der Patellasehne wird darauf geachtet, dass an beiden Enden ein ausreichender Knochenanteil ist. Die ehemaligen Ansatz- und Ursprungspunkte des Kreuzbandes werden in ihrer knöchernen Verlängerung überbohrt, so dass ein Zugang von außen in den Bohrkanal entsteht. Durch die Fixierung des knöchernen Keils der Ersatzplastik mit einer Schraube am Femur und dann an der Tibia wird eine sehr stabile Verankerung erreicht (siehe Abbildung 2). Nach dem Wundverschluss beginnt sofort die Rehabilitationsphase. Viele Operateure halten sich nicht mehr an zeitliche Schematas. Unter therapeutischer Aufsicht werden die Patienten so früh wie möglich nach Schmerzfreiheit mit physiotherapeutischen Bewegungsübungen belastet. Wichtig ist die regelmäßige Kontrolle durch Visiten des Operateurs. Für langfristig gute Ergebnisse ist von entscheidender Bedeutung, wie gut es gelingt koordinativ und muskulär das Bein aufzubauen.

2.2.2 Aufbau der Rehabilitation nach vorderer Kreuzbandruptur

2.2.2.1 Postoperative Komplikationen

Viele Chirurgen und Orthopäden operieren heute nicht mehr sofort nach einer Verletzung, da die Komplikationsrate heuer liegt, als wenn das Knie zunächst primär ausheilen kann. Immer werden trotz nicht genau bekannter Genese extreme Bindegewebsveränderungen (z.B. Arthrofibrosen) befürchtet, die ein Knie nachhaltig in der Beweglichkeit einschränken. Wertlos kann eine Operation sein, wenn Sich erst nach dem Eingriff herausstellt, dass die Patientin schwanger war. Das Bindewebe wird oft so lax , dass eine Kreuzbandersatzplastik nicht stabil ausheilt. Wird zu früh belastet können dauerhafte Reizzustände das Gelenk belasten und unnötig die Genesung verzögern. Zu frühes und extremes Training im offenen System steht zudem in Verdacht die Kreuzbänder zu elongieren. Zu häufig kommen heute noch Beweglichkeitseinschränkungen vor wenn ein Knie „offen“ operiert wird. Zum Teil werden die Knie zu lange ruhig gestellt. Früher wurden die Knie über Wochen eingegipst. Am meisten Probleme bereiten Mehrfachverletzungen mit Schäden an den Menisken, Kapseleinrisse und vor allem Knorpelschäden. Bindegewebsüberlagerungen auf und um das Kreuzband schränken die Kniestreckung häufig so stark ein, dass sie arthroskopisch entfernt werden müssen.

2.2.2.2 Immobilisationsschäden

Im Anschluss an eine Ruhigstellung aufgrund einer Operation oder einer konservativen Behandlung können folgende Störungen auftreten (DIEKSTALL et al. 1995, 35-43):

Muskulatur:

Es kommt zu einer muskulären Inaktivitätsatrophie. Bei einer 4 - 6wöchiger Ruhigstellung kann das einen Kraftverlust von 30-60 % bedeuten.

Neuromuskuläres System:

Die Koordination in der Muskulatur wird erheblich gestört, d.h. die Steuerung der Synergisten und das Wechselspiel mit den Antagonisten ist in ihrer Funktion erheblich gemindert.

Knorpelgewebe:

Die Ernährung des Knorpels ist durch die Immobilisation gestört. Der Wassergehalt nimmt ab. Folglich reduzieren sich Dicke und Elastizität des Knorpels. Durch die fehlende Bewegung können Ablagerungen und Enzyme an der Knorpeloberfläche entstehen, die zur Zerstörung der Knorpelzellen führen können.

Kapsel-Band-Apparat, Sehnen:

Durch die verminderte Durchblutung ist die Versorgung der Strukturen auf Dauer beeinträchtigt. Es kommt zu Beeinträchtigungen des Bandansatzes in seiner Zugfestigkeit, zu Verklebungen, Kapselschrumpfungen, Gewebswucherungen und Ergussbildungen.

Ausdauer:

Es kann zu großen Defiziten im Bereich aller konditionellen Eigenschaften kommen. Die Ermüdungswiderstandsfähigkeit und die Regenerationsfähigkeit sind reduziert.

2.2.2.3 Grundsätze des medizinischen Aufbautrainings

Der Nachteil einer Ruhigstellung wird durch möglichst funktionelle Bewegungen minimiert. Diese Belastungen müssen individuell dosiert sein und sich nach dem prätraumatischen Zustand des Patienten richten. Gemeinsam mit dem Patienten ist das therapeutische Ziel zu formulieren (BOCHDANSKY / KOLLOS 1995, 30). Nach heutiger Auffassung bedeutet funktionelle Kniebehandlung => **Mobilisation** (STROBEL et al. 1995, 77).

- Sobald ein Patient über die krankengymnastischen Übungen hinaus belastet werden kann, sollte eine um die Medizinische Trainingstherapie erweiterte komplexe Rehamaßnahme beginnen (in der Regel 4. postoperative Woche)
- Zuerst wird als Synergist des VKB die ischiokrurale Muskulatur auftrainiert.
- Zum Schutz der Kreuzbandplastik ist die Koaktivierung der Kniebeugemuskeln nötig.
- Eine Elongation der Plastik zu strikt zu vermeiden. Deshalb ist ein vorzeitiges isoliertes Quadrizepstraining unerwünscht.
- Die „geschlossene Bewegungskette“ ist der „offenen Bewegungskette“ unbedingt Vorzug zu geben (siehe Kapitel 2.3.1.3.2) (PÄSSLER / SHELBOURNE 1993, 421 ff).
- Die reflektorische Quadrizepshemmung als Schutzmechanismus ist zu tolerieren.
- Das Koordinationstraining hat präventiv und rehabilitativ entscheidende Bedeutung (BIEDERT et al. 1998 / STEINBRÜCK / NICOLAUS 1996)
- Die volle Beweglichkeit ist schnell zurückzugewinnen (REISNER et al. 1997, 183).
- Eine optimal dosierte Stressbelastung des Transplantates fördert die funktionelle Umwandlung des mittleren Patellasehnendrittels zu einem sich neu entwickelten Kreuzband (GOTZEN 1994, 910 ff)
- Die physikalische Stabilisierung des Knies und der Schutzfaktor auf die Ersatzplastik durch eine Orthese ist umstritten. Die Stimulierung der Haut- und Gewebsrezeptoren vermittelt eine gewisse Stabilität und damit Sicherheit.

- Intensive und konsequente Anleitung und Beratung des Patienten ist die Voraussetzung zum selbstverantwortlichen Training.
- Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist notwendig, um den Patienten optimal zu motivieren und psychologisch zu führen (REISNER et al. 1997, 183)
- Aus Kostengründen ersetzt heute eine ambulante Rehabilitationsmaßnahme eine stationäre AHB-Maßnahme (Unterbringungs- und Verpflegungskosten). Gut ausgebildete und erfahrene Therapeuten sind das entscheidende Kriterium. Ideal ist eine Einrichtung die beide Optionen anbieten kann.

2.2.2.4 Definition und Ziele rehabilitativer Maßnahmen

„Rehabilitationstraining ist in Anlehnung an den Trainingsbegriff ein pädagogisch gelenkter, systematischer und planmäßiger Prozess, der auf Leistungsoptimierung ausgerichtet ist" (FREIWALD 1989, 62). Die Trainingsinhalte und Formen sind abhängig von Art und Schwere der jeweiligen Verletzung. Beim Rehabilitationstraining reicht es nicht, den Bereich des verletzten Gelenks bzw. der verletzten Extremität wiederherzustellen. Wichtig ist es, die Gesamtkörperfunktion bis zur uneingeschränkten Belastungsfähigkeit wiederaufzubauen, da „bei verletzungsbedingtem Ausfall oder bei Bewegungsreduzierung eines Gliedes in der Körperbewegungskette, das Gesamtbewegungssystem Körper in seinen biologischen Versorgungsmechanismen und seinem ökonomischen Bewegungssystem eingeschränkt ist " (EHRICH/GEBEL 1992, 98). Das Ziel der Rehabilitationsmaßnahmen muss sein, die oben genannten Immobilisationsschäden zu bekämpfen und die ursprüngliche Leistungsfähigkeit wiederherzustellen, d.h. der Patient soll in der Lage sein, alle Bewegungen ohne Kompensations- und Schonhaltungen beschwerdefrei durchführen zu können. Dies stellt die Basis für darauffolgende sportliche Aktivitäten dar. Die psychische Hemmschwelle, die der Patient aufgrund seiner Verletzung und den damit verbundenen Schmerzen und Bewegungsängsten hat, muss durch eine völlige Schmerzfreiheit überwunden werden. Wird eine notwendige Operation verschoben, hat es sich als ideal erwiesen, wenn das Knie optimal koordinativ und muskulär aufgebaut zur Ersatzplastik erscheint. Eine Rehabilitationsmaßnahme vor der Operation wird immer beliebter. Die postoperative Rehabilitation erfolgt in der Regel viel schneller, leichter und komplikationsärmer. Aus Kosten Gründen und bei entsprechender Anleitung kann und muss dies in einem Fitnessstudio geschehen. Auch dies stellt eine pädagogische Herausforderung dar, da der Patient überzeugt, motiviert und die notwendigen Übungen in der Regel alleine selbstverantwortlich umsetzen muss.

2.3 Trainingstheoretische Grundlagen

2.3.1 Isokinetik

Der Begriff „Isokinetik“ stammt aus dem Griechischen (ι´σϖ und κινεσισ) und bedeutet wörtlich übersetzt: „gleiche Bewegung“ (im übertragenen Sinne => **gleichbleibende Bewegungsgeschwindigkeit**). „Unter einem isokinetischen Training wird eine Belastungsform verstanden, bei welcher der Muskel gegen einen unterschiedlich einstellbaren Widerstand arbeitet (vgl. Abbildung 10). Bei der Regelung des Widerstandes wird im Verlauf der Bewegung auftretende Änderung des Hebelarms berücksichtigt. Das Training kann mit verschiedenen Bewegungsgeschwindigkeiten durchgeführt werden, für jede Einzelbewegung bleibt die einmal gewählte Geschwindigkeit konstant. Je höher die Geschwindigkeit ist, um so niedriger ist der jeweilige Widerstand. Das Training ist geschwindigkeitsspezifisch, das heißt, der jeweilige Effekt wird optimal für eine bestimmte Bewegungsgeschwindigkeit erreicht. Für einen maximalen Gesamteffekt sollte das Training in Abhängigkeit von den besonderen Bedingungen der jeweiligen Sportart mit möglichst unterschiedlicher Geschwindigkeit ausgeübt werden. Der Widerstand kann durch die Wahl verschiedener Trainingsgeschwindigkeiten so eingestellt werden, dass Unterschiede in der Belastbarkeit von Knochen bzw. Muskulatur, als Folge z.B. von Schmerz oder Muskelatrophie, ausgeglichen werden. Bei der Wahl einer geeigneten Geschwindigkeit ist das Verletzungsrisiko gering. Als besonders nützlich erweist es sich in der Rehabilitation“ (PETERSON/RENSTRÖM 1987, 93-94).

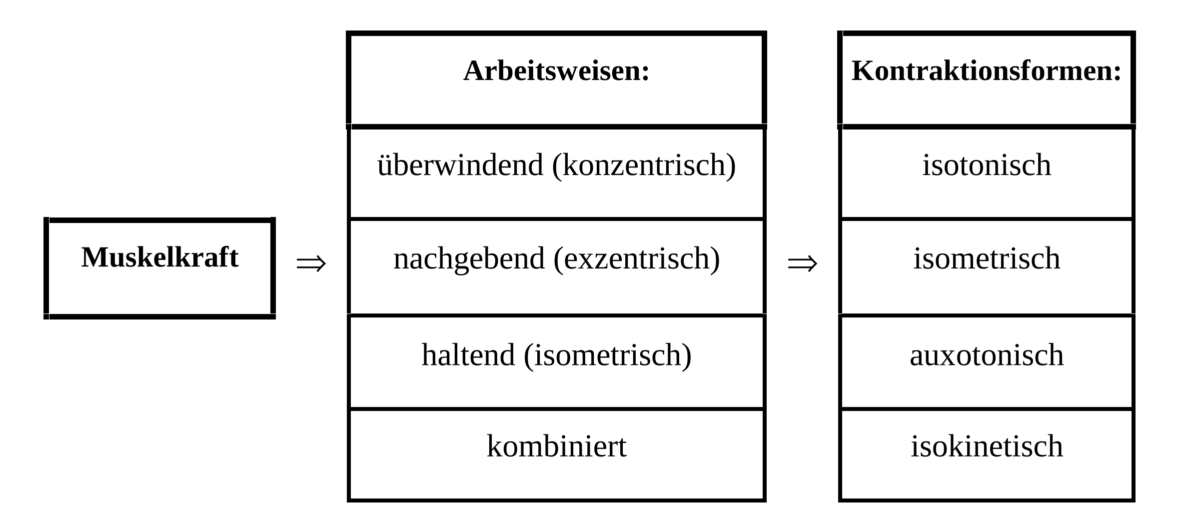


Abbildung 10: Arbeitsweisen und Kontraktionsformen (modifiziert aus LETZELTER (1986) und WERCHOSCHANSKY (1992)

2.3.1.1 Das rehabilitative isokinetische Training

Das isokinetische Training wird an computergestützten hydraulischen oder elektrischen Trainingsapparaten durchgeführt. Es hat sich besonders bei der Rehabilitation nach Kreuzbandverletzungen bewährt (FROBÖSE 1993, FREIWALD 1996 u.a.). Bei den Patienten und Therapeuten erfreut es sich großer Beliebtheit. Häufig besteht jedoch auf allen Seiten ein beträchtliches Wissensdefizit über Wirkungsweisen, Mechanismen und auch Gefahren (STROBEL et al. 1995, 393).

Isokinetische Trainings- und Testsysteme gehören inzwischen zur Grundausstattung von Rehabilitationseinrichtungen. Von den Kostenträgern wird im neuen Bereich der ambulanten Rehabilitation ein isokinetisches Trainings- und Testsystem für alle großen Gelenke gefordert. Ohne Zweifel liegt der Haupteinsatzbereich der Isokinetik in der Kraftdiagnostik und Unterstützung der Krankengymnastik auf sportwissenschaftlichem und trainingsbegleitendem Gebiet. Trotzdem ist der therapeutische Einsatz der Isokinetik immer noch umstritten (MAYER et al. 1994, 272). Weil es in der Literatur kontrovers diskutiert wird, wird näher auf das Thema eingegangen, in welcher Form das rehabilitative Training durchgeführt werden soll .

2.3.1.1.1 Training in der offenen oder in der geschlossenen Bewegungskette

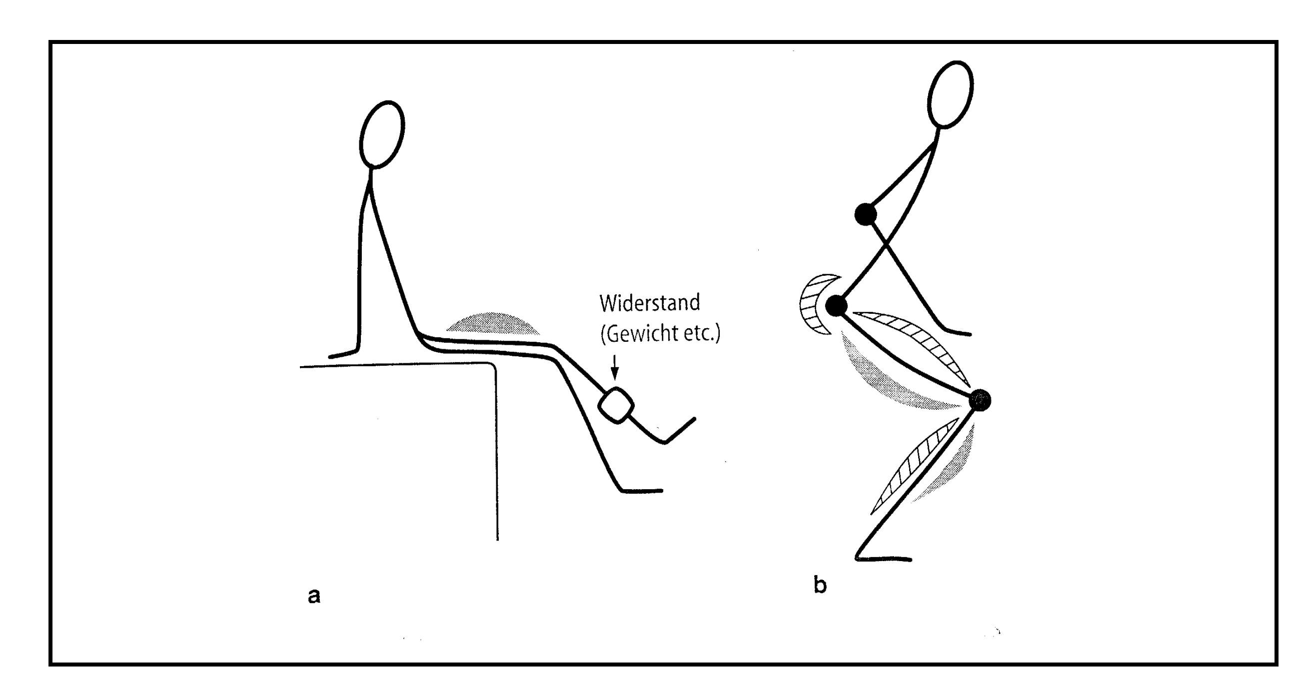


Abbildung 11: Offenes (a) und geschlossenes (b) kinematisches System (schematisch)
(NACH EDER 1993 IN: STROBEL/STEDTFELD/EICHHORN 1995, 403)

In der offenen Bewegungskette bzw. im offenen System wird trainiert, wenn die distal gesetzte Belastung z.B. durch ein umgeschnalltes Gewicht auf dem Unterschenkel erfolgt (siehe Abbildung 11 (a) und 13). Geschieht dies in dynamischer Form, wird von einem

„Curling“-Training (= „Curlen“) gesprochen. Dieser Belastungsreiz kräftigt in erster Linie die Quadrizepsmuskulatur.

In der geschlossenen Bewegungskette erfolgt die distale Belastung über die Fußsohlen (siehe Abbildung 11 (b)). Diese Belastungsform ist eine funktionelle Alltagssituation. Es wird die gesamte Beinmuskulatur, unter Betonung der Streckmuskeln (v.a. Glutaeus- und Quadrizeps-Muskulatur) aber und die Kniebeugermuskulatur (Ischiokrurale Muskulatur) aktiviert.

Offene Kinematische Kette:

- Punctum fixum und Punctum mobile der Arbeitsmuskulatur gegenüber der Gebrauchssituation (Laufen/Gehen) vertauscht
- Keine funktionelle Stabilisation der Kniegelenke
- Keine Kokontraktion der Antagonisten
- Aufgrund des distal ansetzenden Widerstandes wirkt eine erhöhte Zugspannung auf das vordere Kreuzband
- Keine physiologische Propriozeption (neuronaler Input verändert)

Geschlossene kinematische Kette

- Physiologische Muskelarbeitsweise
- Trainingseffekt auf intra- und intermuskuläre Koordinationsverbesserung des muskulären Stabilitätsanteils
- Physiologische Kokontraktion der Antagonistengruppe (ischiokrurale Muskulatur)
- Physiologische Propriozeption

Abbildung 12: Charakteristika von Bewegungen in einer offenen und geschlossenen kinematischen Kette (STROBEL ET AL. 1995, 403)



Abbildung 13: Isokinetisches Training im offenen System (Modell der Firma MOVENS®)

Seit der Anwendung isokinetischer Geräte in der postoperativen Therapie wird über Sinn und Unsinn von Bewegungen im offenen System diskutiert. Hauptkritikpunkte sind die Gefahr der Auslockerung bei Kreuzbandersatzplastiken und die fehlende Funktionalität (WESTERKAMP 1997,7). Dafür spricht die wissenschaftlich gesicherte höhere Beanspruchung des atrophierten Quadricepsmuskels (FROBÖSE 1996 u.v.a.). Ein weiterer Vorteil soll die geringere Gelenkkompression im Vergleich zum geschlossenen System sein (WILK et al. 1996). Die immer noch gebräuchlichste Form des isokinetischen Trainings findet in der offenen Bewegungskette statt, bzw. ist das rotatorische Training.

<u>Rotatorische Systeme:</u>

<u>Vorteile:</u> Exakte Bestimmung der Kräfte von Agonisten/Antagonisten
Validität für Diagnose/Training
Intraindividuelle präzise Seitenvergleiche möglich

<u>Nachteile:</u> Differenz physiologische /apparative Gelenkachse
(daraus resultierend Testdifferenzen
Dysbalanzen provozierend
Agonist
Antagonisten

<u>Translatorische Systeme:</u>

<u>Vorteile:</u> Einfache Eichung
Gelenkachsen unabhängig
Hohe prognostische Validität
Schlechter Muskelanteil wird maximal trainiert
Keine Dysbalanzen provozierend

<u>Nachteile:</u> Nicht valide bzgl. Kraftverhalten innerhalb synergistischer Muskelgruppen
Keine Diagnosemöglichkeit für schlechten Muskelanteil
Keine intramuskulär-spezifische Adaptation möglich

Abbildung 14: Vor- und Nachteile von rotatorischen und translatorischen Trainingssystemen (STROBEL et al. 1995, 402)

Erst seit kurzem werden in der Isokinetik auch Systeme in der geschlossenen Bewegungskette bzw. als translatorisches System eingesetzt (FROBÖSE 1995). Bisher sind in der Literatur vorwiegend lineare Messungen vorgestellt worden, die als isometrischer Stemmstoß stattfanden (SCHMIDTBLEICHER 1996). Nach dem Newton´schen Gesetz findet bei einem isometrischen Stemmstoß äußerlich keine physikalische Bewegung statt ($F = m \times a$). Da keine Beschleunigung stattfindet (a = Null) ist die Kraft (F) gleich der Masse (m). Somit treten bei einem Maximalkrafttest sehr hohe Drücke im Gelenk auf, die schnell Überlastungssyndrome provozieren können. Deshalb wird in der Klinik St. Hubertus auf ein isometrisches Training mit einem Isokinetikgerät verzichtet.

2.3.1.1.2 Isokinetische Beinachsenschulung

Um die Patienten optimal auf ein aktives Training der Beinstreckmuskulatur vorzubereiten, trainierten die Patienten ihre propriozeptiven Fähigkeiten auf dem umgebauten rotatorischen Trainingssystem KIN-COM® (Abbildung 15). Im aktiven Modus bewegte sich der Hebelarm, wie bei einer Motorschiene, hin und her. Zunächst lässt der Patient das Knie passiv durchbewegen und achtete auf eine gerade Beinachse und auf sicheres Kontakthalten des Fußes auf dem kleinen Fußstab. Später bei zunehmender Sicherheit und Belastbarkeit drückt der Patient in die Streckung im dosierten Maße mit. Beim passiven Zurückführen in die Ausgangsstellung (= Kniebeugung) wird ein minimaler exzentrischer Widerstand aufgebaut. Der Patient wird aufgefordert, seine Augen zu schließen, um Vertrauen für das Knie aufzubauen und die Tiefensensibilität zu schulen. Über den PC werden Grenzkräfte definiert, bei deren Überschreitung das Gerät abschaltet. Gleichzeitig kann der Patient mit einem Handschalter jederzeit den Motor abschalten. Durch zeitgleiche Kraftkurvendarstellung auf dem Monitor erhält der Patient einen optischen Biofeedback über seine geleistete Kraftkurve. Somit erarbeitet sich der Patient eine zunehmend rundere sinusförmige Kraftkurve, und zwar konzentrisch und exzentrisch mit zunehmend gesteigerten Kraftdrehmomenten. Wird diese Trainingsform sicher und mit entsprechender Kraft realisiert, wechseln die Patienten auf ein linear, isokinetisches Beinarbeitsgerät.



Abbildung 15: Translatorische Beinachsenschulung auf dem modifizierten rotatorisch-isokinetischen Trainings- und Testsystem KIN-COM® (Fa. CHATTECX)

2.3.2 Die Grundlagenausdauer

Unter GLA-Training I wird die sportartunabhängige aerobe, dynamische Grundlagenausdauer im mittelintensiven Beanspruchungsniveau verstanden. Ihre Aufgabe ist es, die allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit zu erhalten oder wieder zu gewinnen. Durch die Ökonomisierung des Herz-Kreislaufsystems, des Muskelstoffwechsels und der neuromuskulären Steuerung wird eine erhöhte Belastungsverträglichkeit und Regenerationsfähigkeit des gesamten Organismus erreicht. Ein Training zur Verbesserung der allgemeinen dynamischen Grundlagenausdauer bewirkt die optimale Voraussetzung zum Abbau von Koordinations-, Beweglichkeits- und Kraftdefizite (ZINTL 1988). Diese Art des Ausdauertrainings sollte Trainingsinhalt bei jeder Rehabilitationsmaßnahme nach orthopädischen Verletzungen und nach Operationen sein.

2.3.2.1 Training der Grundlagenausdauer in der Rehabilitation

Die Grundlagenausdauer wird in der Rehabilitation in Form der Dauermethode im subkritischen Bereich (bis 3 mmol Laktat) durchgeführt. Dauermethode bedeutet, dass ein ununterbrochener Reiz über einen längeren Zeitraum ohne Pausengestaltung gehalten wird.
„Als äußerst wirksam für die Ausdauerentwicklung in der Rehabilitation bzw. in der Trainingspraxis hat sich das Training im aerob-anaeroben Übergangsbereich erwiesen. Vor allem die Anpassungen des Herz-Kreislauf-Systems auf das Training in diesem Bereich sind sehr effizient“ (GOLLNER et al. 1991, 31). Wie bereits festgestellt, bedeutet rehabilitatives Training den Einsatz verschiedenster krankengymnastischer und sporttherapeutischer Maßnahmen, um das Ziel, die Wiederherstellung der körperlichen Leistungsfähigkeit, zu erreichen. Bei verletzten Patienten kommt es infolge der Immobilisation zu großen Defiziten im Bereich der konditionellen Grundeigenschaften. Es ist zu beachten, dass in der Rehabilitation sowohl die Voraussetzungen als auch die angestrebten Ziele völlig verschieden zu denen gesunder Sportler sind und dass die Leistungsfähigkeit durch die Verletzung erheblich reduziert wird. Vorrangig bei der Wahl der Trainingsintensität ist deshalb: Sie muss groß genug sein, um Trainingseffekte zu erzielen, darf aber den Patienten nicht überfordern. Um ein gezieltes rehabilitatives Ausdauertraining durchführen zu können, bedarf es vor Trainingsbeginn einer genauen Überprüfung der individuellen Leistungsfähigkeit der Patienten. Dies ermöglicht Aussagen über die Belastungsverträglichkeit und Anhaltswerte zur Überprüfung des Trainingserfolges.

2.4 Die Befindlichkeit

2.4.1 Definition

Unter „Befindlichkeit“ (synonym: Stimmung) versteht man die „Beschreibung des momentanen, aktuellen psycho-physischen Zustandes eines Individuums. Im Gegensatz zu Emotionen sind Befindlichkeiten ungerichtet und bedürfen nicht unbedingt eines äußeren Anlasses. Im Vergleich zu Persönlichkeitseigenschaften sind sie zeitlich weniger stabil und kurzfristig und durch äußere und innere Faktoren stärker beeinflussbar“ (ABELE et al. 1986, S. 209). Befindlichkeit hat also eine Stellung zwischen physiologischen und psychologischen Prozessen und kann als Pendant zur physiologischen Belastungsmessung gesehen werden. Einen medizinisch anthropologischen Ansatz gibt GRUPE (1982, 197). Er definiert Wohlbefinden „als eine positive Grundbefindlichkeit des Menschen, die von unterschiedlichen Bedingungen körperlicher, seelischer und sozialer Art sowohl aktuell als auch langfristig bestimmt wird“. Die Ausprägung der Befindlichkeit hängt vor allem vom jeweiligen Verhältnis zum Körper ab und dient als Gradmesser für die Befindlichkeit. Durch das Feststellen von Befindlichkeiten soll untersucht werden, welche Auswirkungen bestimmte äußere Faktoren und Situationen auf den aktuellen psycho-physischen Zustand einer bestimmten Person haben.

2.4.2 Klassifizierung von Befindlichkeit

Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts wurde festgestellt, dass sich das Gefühlsleben auf eine begrenzte Anzahl von Dimensionen einschränken lässt, welche für dessen Beschreibung benötigt werden. Es gibt Theorien, bei denen die Emotionen mit einem dreidimensionalen Raum beschrieben werden. Die Achsen sind hier meist mit „Lust-Unlust“, „Erregung-Beruhigung“ und „Spannung-Lösung“ bezeichnet. Als für die Praxis vorteilhafter erwies sich allerdings eine zweidimensionale Struktur mit den Faktoren „Lust-Unlust“ und „Spannung-Entspannung“. Die wissenschaftlichen Untersuchungen in bezug auf die Dimensionierung der selbstgerichteten Befindlichkeit sind wesentlich uneinheitlicher. Aus der Beantwortung von Adjektivlisten oder semantischen Differentialen zeigen sich maximal 8 reproduzierbare Stimmungsbereiche: Aggressivität - Ärger, Depressivität - Erregtheit, Müdigkeit - Trägheit, gehobene Stimmung - gute Laune, Aktivität - Energie, Gelassenheit - Selbstsicherheit, sowie Konzentration - Nachdenklichkeit (vgl. ABELE et al. 1986, 211). Bei diesen monopolaren Befindlichkeitsbereichen, die also nicht auch ihr Gegenteil beinhalteten, ist zu kritisieren, dass diese Bereiche sehr oft stark miteinander in Beziehung stehen. Es ist von Vorteil zur

Selbsteinschätzung der Befindlichkeit nach einer möglichst geringen Anzahl bipolarer Dimensionen zu forschen. In fast allen Untersuchungen haben sich hierbei die grundlegenden Konstrukte „Bewertung“ und „Spannung“ herauskristallisiert. Es wurde versucht, die beiden Ansätze der Klassifizierung von dem Befindlichkeitszustand, die monopolare viel-dimensionale und die bipolare höchstens dreidimensionale, in ein Modell mit aufzunehmen. Hieraus entstanden Modelle mit hierarchischer Einteilung (NITSCH 1976) und solche mit einer kreisförmigen Anordnung (TRAXEL / HEIDE 1961, DALY et al. 1983, ABELE / BREHM 1984). Bei der kreisförmigen Anordnung bilden die beiden Grunddimensionen der „Bewertung“ und der „Spannung“ die rechtwinkligen Koordinaten eines Kreises (siehe Abbildung 3). Innerhalb des Kreises bilden sich 4 Segmente, wodurch die einzelnen Befindlichkeiten sehr gut lokalisierbar sind. Dies wurde in zahlreichen empirischen Prüfungen bestätigt. Besonders interessant sind Aufschlüsse über die Befindlichkeiten von Personen, wenn Aussagen über Einflüsse von Situationen in Industrie, Schule, Sport und klinischen Bereichen zu treffen sind. Die Erfassung und Messung von Befindlichkeit kann dabei über physiologische und psychologische Indikatoren, über Fremd- oder über Selbstbeobachtung erfolgen. Zu den physiologischen Indikatoren ist anzumerken, dass bei diesen eine Aussage über eine erlebnismüßige Verarbeitung nicht möglich ist. Die Fremdbeobachtung ist nur beschränkt einsetzbar, da das Ausmaß der subjektiven Gültigkeit nicht bekannt ist. Zur Erfassung der Befindlichkeit sind vor allem zwei Instrumente der Selbstbeschreibung gebräuchlich. Zum einen ist dies das Instrument des Polaritätsprofils (semantisches Differential). Hier werden bipolare adjektivische Begriffspaare (z.B. aktiv-passiv) mit der Möglichkeit der Antwortabstufung vorgegeben. Der Proband gibt bei der Beantwortung an, welches Adjektiv seinem aktuellen Zustand am ehesten entspricht. Zum anderen das Instrument der Adjektivliste. Es wird eine Liste von Adjektiven (z.B. ruhig, sauer, träge, ...) mit jeweils zugeordneter Skala (zweistufig - mehrstufig) für die Antwortabstufung zusammengestellt. Die Adjektive werden zur Auswertung Subskalen der Befindlichkeit (z.B. Aktiviertheit, Ärger,...) zugeordnet und so wird die Veränderung der Befindlichkeit in ihren einzelnen Bereichen beurteilt. Im deutschsprachigen Raum gibt es bereits mehrere Messinstrumente zur Erfassung von Stimmung und Befindlichkeit (BOTTENBERG 1970, HECHELTJEN / MERTESDORF 1973, NITSCH 1976, HAMPEL 1977, JANKE / DEBUS 1978, ABELE/ BREHM 1984). ABELE / BREHM hatten das Ziel für den Sport ein Messinstrument zu entwickeln, das die Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf die Befindlichkeit untersucht. Es sollte zeitökonomisch sein und möglichst wenig Adjektive beinhalten. Bei ihrem Modell gingen ABELE/BREHM davon aus, dass sich Befindlichkeit durch ein Kreismodell mit den unabhängigen Grunddimensionen „Bewertung“ (sich schlecht versus sich gut fühlen) und „Spannung“ (sich angespannt versus

sich entspannt fühlen) am besten beschreiben lässt. Durch Transformation auf eine niedrigere Hierarchieebene (z.B. nervös) und durch Bestimmung von Mischzuständen werden die abstrakten Dimensionen konkretisiert. Die vier Segmente des Kreismodells werden jeweils durch zwei Befindlichkeitsaspekte näher beschrieben, die in unterschiedlichem Ausmaß „Mischzustände“ der beiden Grunddimensionen darstellen. Die graphische Darstellung soll den jeweiligen Mischungsgrad verdeutlichen (siehe Abbildung 16).

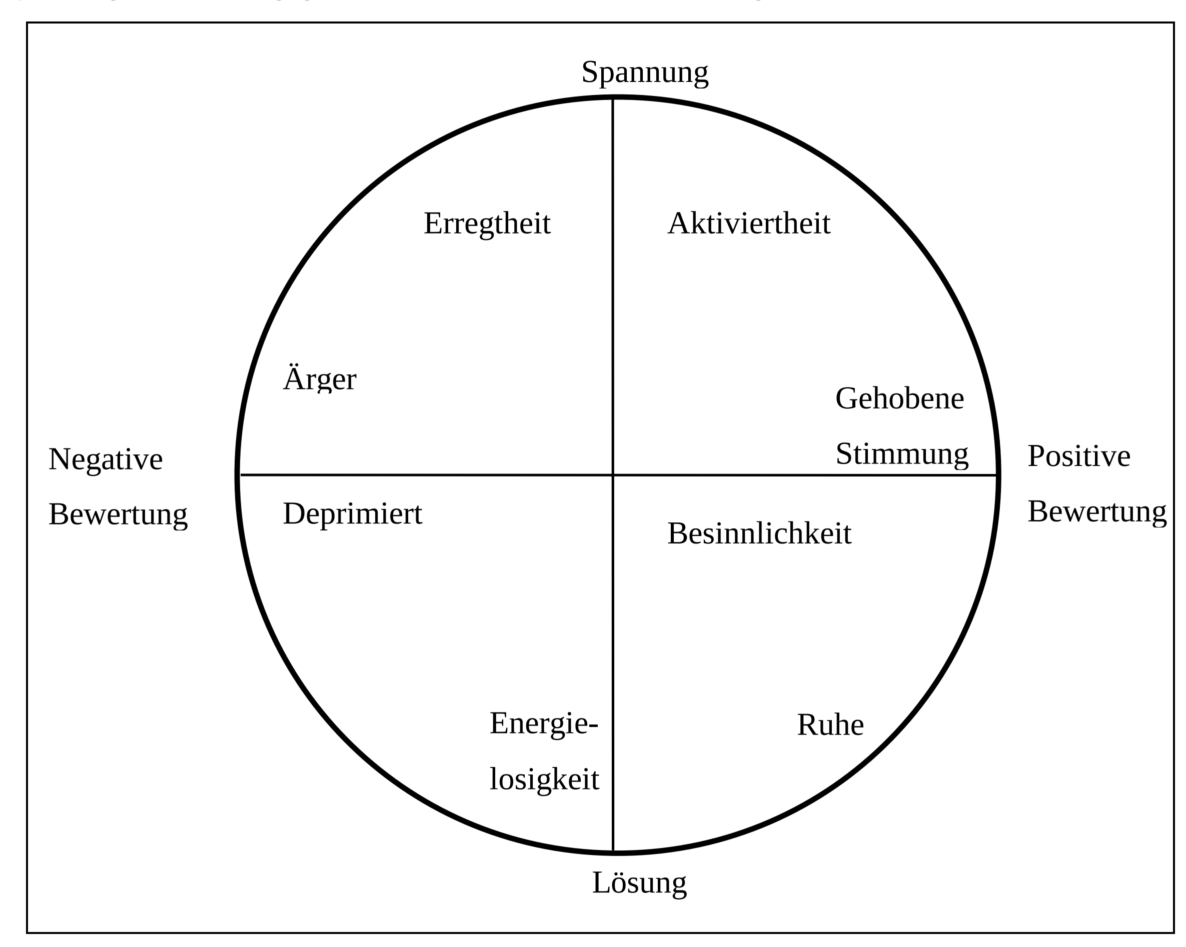


Abbildung 16: Kreismodell der Befindlichkeit (ABELE/BREHM 1986, 215)

Das Modell soll Aussagen ermöglichen, in welchem Segment hauptsächlich Befindlichkeitsveränderungen auftreten und welche Auswirkung die Intensität des ursprünglichen Zustandes auf das Ausmaß der Veränderung hat. Um die aktuelle Befindlichkeit bestimmen zu können, wählten ABELE/BREHM für jeden Aspekt aus der vorhandenen deutschen Adjektivliste von JANKE/DEBUS (1978) jeweils fünf Adjektive aus (Reduzierung durch Itemselektion). Diese relativ geringe Anzahl wurde gewählt, um den Test möglichst zeitökonomisch gestalten zu können.

3 Material und Methode

3.1 Patientengut

Zwischen Februar 1992 und Juni 1995 wurde bei 42 Patienten mit Zustand nach vorderer Kreuzbandplastik (nur mittleres Patellasehnendrittel) an der Klinik St. Hubertus in Bad Wiessee eine stationäre Anschlussheilbehandlung (AHB) mit ihren verschiedenen Tests und dem rehabilitativen Therapie- und Trainingsmaßnahmen durchgeführt und dokumentiert. Die Patienten wurden aus dem Großraum München, einschließlich Tegernseer Tal überwiesen.

3.1.1 Zeitraum zwischen Operation und Antritt der Rehabilitation

Zeitraum	Personen	Anteil in %
bis 14 Tage	1	3
15-21 Tage	3	8
22-27 Tage	1	3
28-35 Tage	11	29
36-42 Tage	16	42
43-49 Tage	2	5
über 50 Tage	4	10

Tabelle 1: Zeitraum zwischen Operation und Antritt der Rehabilitation

Die Patienten befanden sich in der fünften (±1) postoperativen Woche, als sie in die Klinik zur Anschlussheilbehandlung aufgenommen wurden (siehe Tabelle 2). Alle Patienten hatten mehr oder weniger krankengymnastische Anwendungen, soweit dies in der kurzen Zeit bis zum Antritt der stationären AHB-Maßnahme möglich war. Alle Patienten haben nach dem gleichen Rehabilitationsschema ihr Trainingsprogramm absolviert. Somit haben bei dem operierten Bein vergleichbare Bedingungen bestanden. Eine gute Vergleichbarkeit der einzelnen Probanden innerhalb der Gesamtstichprobe war gegeben.

3.1.2 Geschlechterverteilung

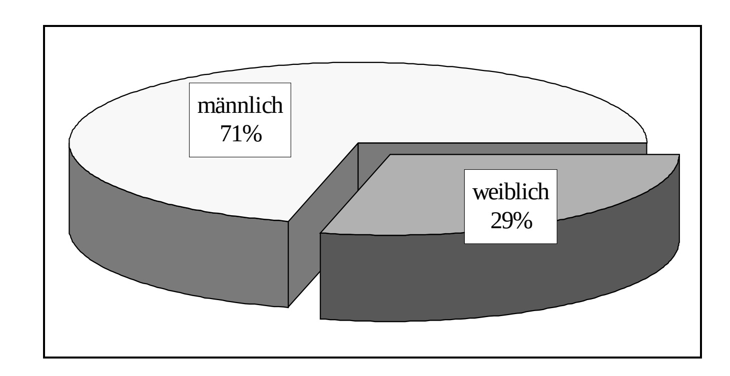


Abbildung 18: Geschlechterverteilung der Patienten

Das Patientengut war beiderlei Geschlechts (siehe Abbildung 18) mit einem deutlich erhöhten Anteil von Männern (71 %). Der hohe Männeranteil resultiert wohl aus dem generell erhöhten Anteil der Männer beim Sporttreiben im allgemeinen. Zudem neigen Männer zu risikoreicheren Sportarten wie Skifahren und Fußballspielen u.s.w. bei denen gehäuft Kreuzbandrisse vorkommen.

3.1.3 Altersverteilung

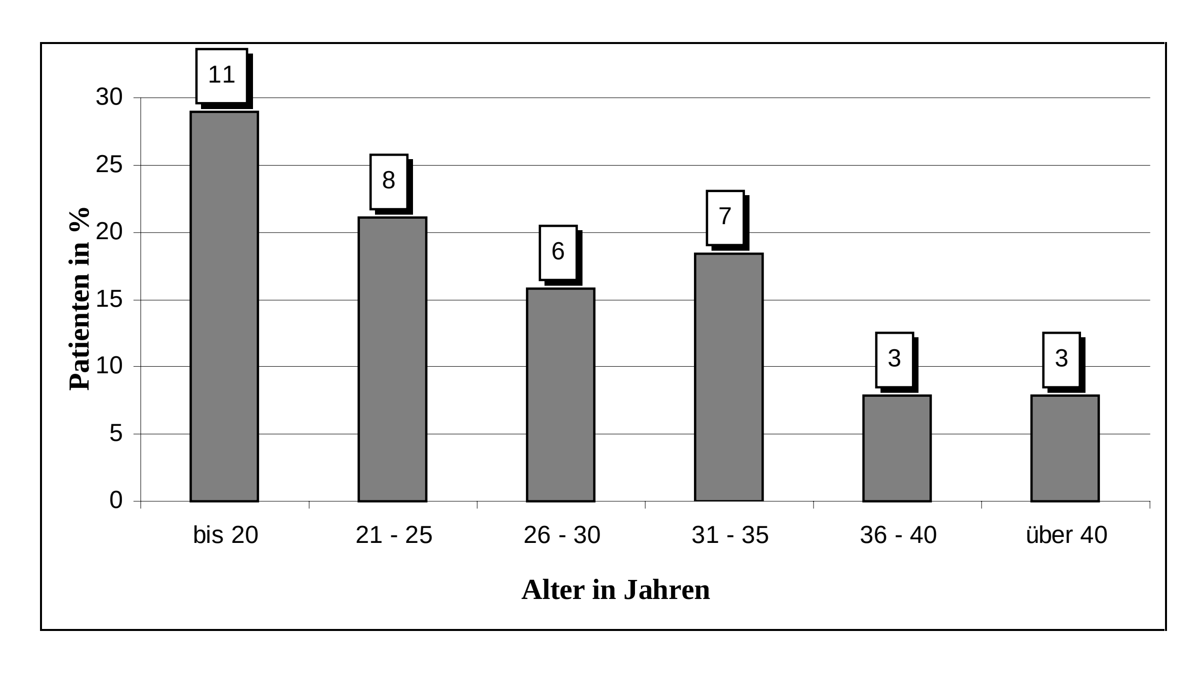


Abbildung 19: Altersverteilung der Patienten

Das Alter der Patienten betrug zwischen 16 und 43 Jahren. Das für eine AHB-Klinik niedrige Durchschnittsalter von 27 Jahre ist für Sportverletzungen typisch (siehe Abbildung 19).

3.1.4 Einteilung nach sportlicher Betätigung und Leistungsniveau

Unter ihnen befanden sich sowohl Spitzensportler als auch sportlich weniger Ambitionierte. Um die Erfolge des Rehabilitationstrainings besser beurteilen und diskutieren zu können, wurden die Patienten im Rahmen dieser Arbeit in Gruppen nach ihrem sportlichen Niveau eingeteilt. Sämtliche personelle Daten können in Anhang 8.6 eingesehen werden.

Für bestimmte Auswertungen ist es erforderlich, die Patienten nach ihrem sportlichen Leistungsniveau einzuteilen. Es ist einleuchtend, dass einerseits bei Patienten mit größerem sportlichen Ausgangsniveau die operationsbedingte Immobilisation größere Auswirkung auf die Verfassung des Verletzten hat. Andererseits das rehabilitative Training bei einem Patienten der keinen Sport treibt erkennbar größere Verbesserungen in seinen konditionellen Fähigkeiten bewirken kann, als bei einem Leistungssportler. Die Einteilung in fünf Niveaugruppen (siehe Abbildung) wurde nach der Häufigkeit des Sporttreibens und den sportlichen Ambitionen der Patienten in Anlehnung an HOLLMANN / HETTINGER (1990, 2) vorgenommen:

Hochleistungssport oder Spitzensport (Niveaugruppe 1):

Dieser Gruppe sind Athleten zugeordnet, die Leistungen nach nationalen bzw. internationalen Maßstäben erbringen, also Kadermitglieder oder Spieler in Bundesligen. Im Vordergrund steht vorrangig das Ziel, Rekorde zu erzielen und Medaillen und Meisterschaften zu gewinnen. Beweggründe wie Freude an der Bewegung oder geselliges Zusammensein mit Freunden treten fast völlig in den Hintergrund. Um die Ziele des sogenannten „Erfolgssports“ zu erreichen, ist tägliches, mehrmaliges Training unbedingt notwendig.

Leistungssport (Niveaugruppe 2):

Die Motivation kommt noch durch die Freude an der Bewegung und an der Ausübung der entsprechenden Sportart, wobei die Leistung und leistungsorientiertes Training schon immer mehr in den Vordergrund tritt. Die Teilnahme an einen bestehenden Wettkampfsystem wird angestrebt und dafür 3-5mal in der Woche trainiert.

Hobby- und Vereinssport (Niveaugruppe 3):

Die Leute dieser Gruppe treiben Sport, da ihnen ihre bestimmte Sportart (bzw. auch mehrere Sportarten) Spaß bereitet und weil sie die sozialen Aspekte ihres Sports schätzen. Die Teilnahme an selbstgeschaffenen oder auch anerkannten Wettkämpfen und Meisterschaften niedriger Klassen wird angestrebt. Meist wichtiger als der Sieg ist das Dabeisein. Sie sind ca. 2-4 mal die Woche sportlich aktiv.

<u>Gesundheits- und Breitensport (Niveaugruppe 4)</u>:

Die Motivation besteht zum Teil nur darin, die Gesundheit zu erhalten oder auch wiederherzustellen. Der Wettkampfcharakter oder die persönliche Leistung verliert völlig an Bedeutung und ist nebensächlich. Sportliche Betätigungen finden 1-2mal die Woche statt. Der Übergang zum Hobby- und Vereinssport ist relativ fließend.

<u>Keine nennenswerten sportlichen Aktivitäten (Niveaugruppe 5)</u>:

Die Personen weisen keine regelmäßigen sportlichen Aktivitäten auf.

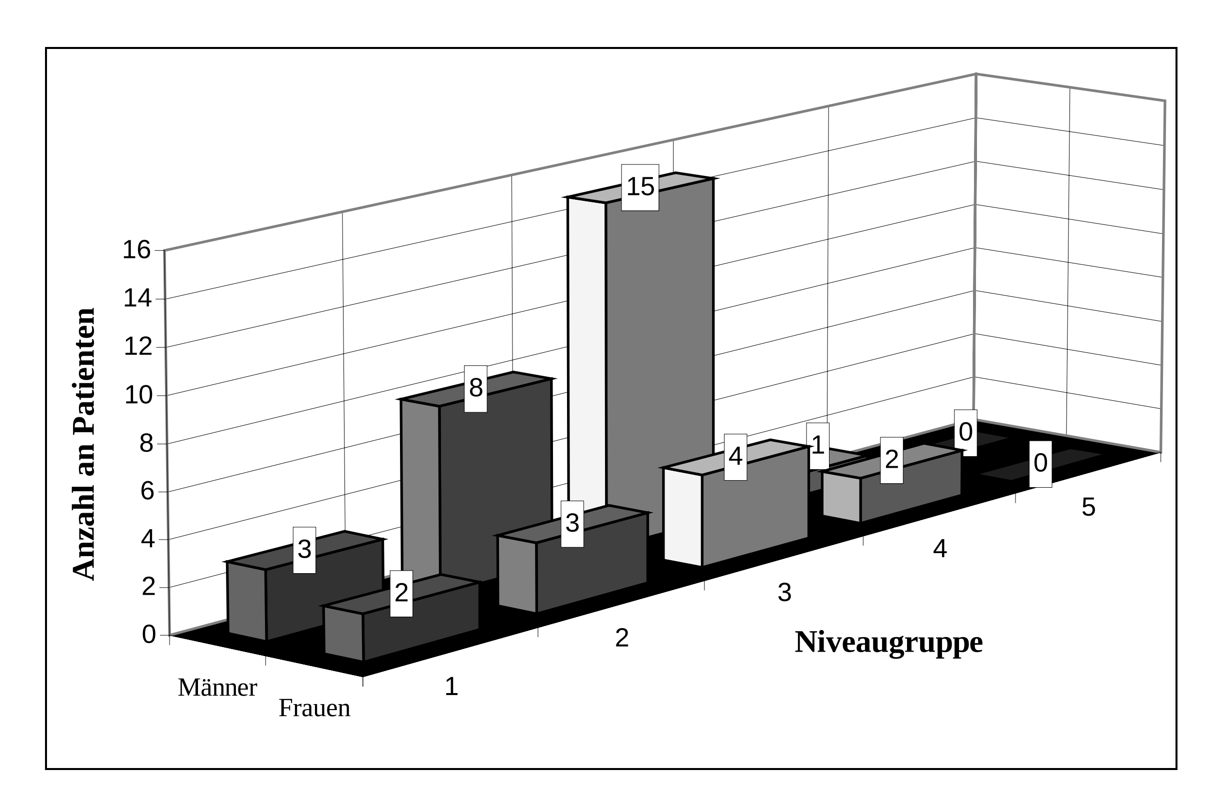


Abbildung 20: Einteilung der Patienten in Niveaugruppen (1 = Hochleistungssport, ..., 5 = kein Sport) und nach Geschlecht

Laut Abbildung 40 waren die meisten Patienten mittelgradig sportlich im Freizeit- bzw. Vereinssport aktiv (= Niveaugruppe 3). Insgesamt tendierte die Verteilung auf das sportliche Niveau zu höherer sportlicher Belastung. Keiner der Patienten betrieb keinen Sport (Niveaugruppe 5). Somit fällt die Niveaugruppe 5 für spätere Untersuchungen weg.

3.2 Rehabilitationsverfahren in der Klinik St. Hubertus

Das angewandte Rehabilitationsverfahren zur Nachbehandlung arthroskopischer Kreuzbandplastiken basiert auf einer sich wöchentlich steigernden Anforderung an das operierte Kniegelenk. Wie jedes schematisierte Nachbehandlungsmodell stellt es eine idealisierte Form eines Rehabilitationskonzeptes dar, dass für einen komplikationsfreien Heilungsverlauf steht. Die täglich notwendigen Anforderungen und individuellen Anpassungen kann es nur ungenügend wiedergeben. Im folgenden sind die therapeutischen Richtlinien als grobes Behandlungsschema kurz dargestellt (KRÖBER 1996,14):

2. bis 3. postoperative Woche:

Belastung: Körpergewichtsbelastung mit Schiene 0-10-90 (Neutral-Null-Methode). Keine Extension gegen Widerstand von 0° bis 60°, Flexorentraining, Fußstatik, Medizinische Trainingstherapie (MTT): Training des gesunden Beines, der oberen Extremität und des Rumpfes (20 bis 30 Wiederholungen, 3 mal wöchentlich), ORABET- Training in Drei-Punkt-Belastung ohne die operierte Extremität, passive und leicht aktive Beinachsenschulung auf dem linearen System ("KIN-COM®"), wenn möglich tretarmverkürztes Radfahren.

bis 4. postoperative Woche:

Belastung: Körpergewichtsbelastung teilweise mit Schiene 0-0-90. Alle Übungen im geschlossenen System (Kniebeugen, Beinpresse, ...), Ergometertraining bis 90°, Beugung des operierten Beines, Übungen mit der isokinetischen Beinpresse (LIBET), Patellamobilisation.

bis 6. postoperative Woche:

Belastung: Einbeinige auf der OP-Seite als Standbein, teilweise mit Schiene 0-0-frei. Bewegungen bis 125° Beugung, Übungen auf der Weichbodenmatte, MTT mit der operierten Seite, Übungen für ein symmetrisches Gangbild, konventionelles Ergometertraining.

bis 8. postoperative Woche:

Belastung: Vollbelastung, Schiene nur noch bei starken Belastungen. Ergometertraining, volle MTT, einbeinige Kniebeugen, Variation der Übungen und vor allem Koordinationstraining. Training mit der isokinetischen Beinpresse (LIBET).

bis 10. postoperative Woche:

Größtenteils Rückkehr ins Arbeitsleben, weiterhin medizinisches Aufbautraining, Heimtrainingsplan anfertigen, Radfahren, Schwimmen (Kraulen in Bauch oder Rückenlage) etc.

bis 12. postoperative Woche:

Weiterführung des Heimtrainings (4mal wöchentlich) unter therapeutischer Kontrolle und Wiedervorstellung beim Operateur zur Entscheidung der speziellen Sportfähigkeit.

3.3 Linear- isokinetisches Bein–Extensions-Training „LIBET“

3.3.1 Beschreibung des Trainings- und Testgerätes

3.3.1.1 Das isokinetische Beinarbeitsgerät (BAG®)

In der Klinik St. Hubertus werden in der Rehabilitation nach Verletzungen der unteren Extremitäten für das Training und Testen der Muskulatur die Beinarbeitsgeräte (BAG®) der Firma WOLF verwendet. Das BAG® kann in seiner Funktionsweise mit einer hydraulischen Beinpresse verglichen werden (siehe Abbildung 21). Der Stemmbrettschlitten wird auf zwei Schienen translatorisch vor- und zurückbewegt. Es handelt sich um ein lineares Krafttrainingsgerät, mit dem ein isokinetisches Training im geschlossenen System durchgeführt wird. Ein Computer steuert die isokinetische Kraftübertragung und stellt die Kraft- und Leistungsparameter auf einem Monitor dar. Eine optimale, individuelle Positionierung des Patienten erfolgt durch Verstellmöglichkeiten an Sitzfläche, Rückenpolster und Stemmbrettschlitten. Ein Beckengurt, Haltegriffe und Schulterstützen dienen zur exakten Stabilisierung des Rumpfes (siehe Abbildung 22).

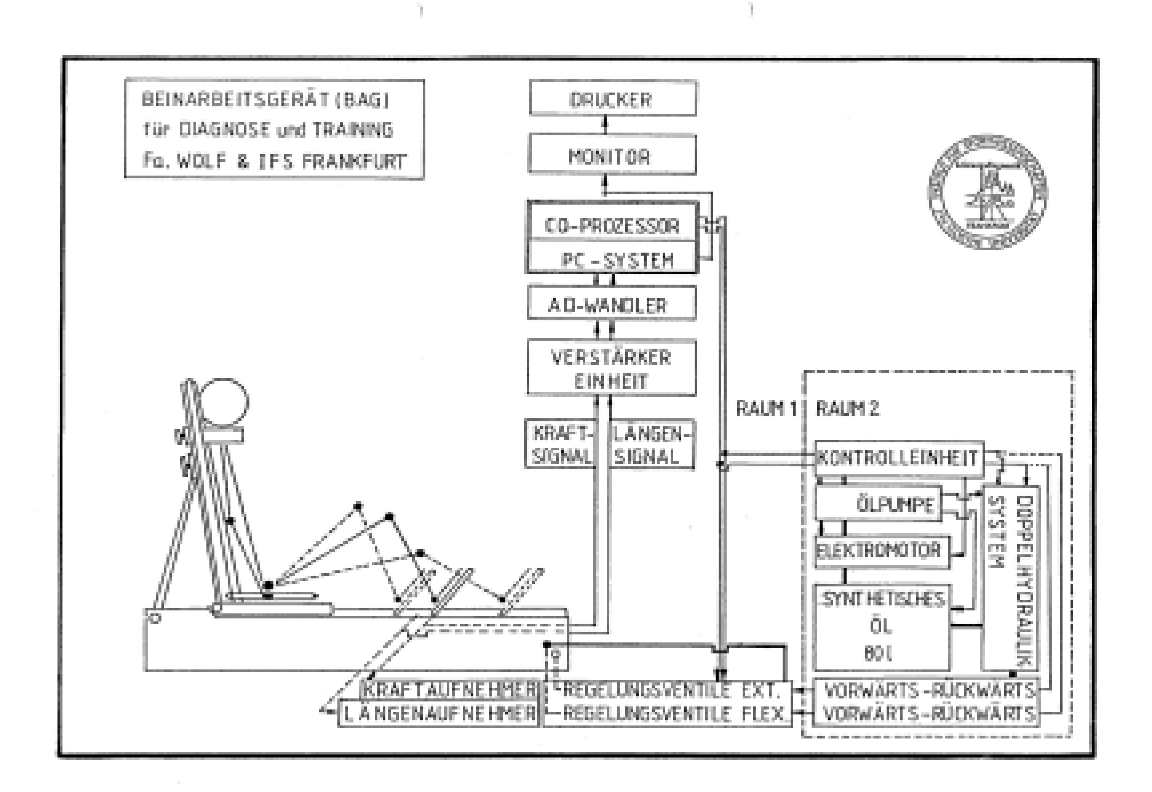


Abbildung 21: Schematischer Aufbau des Beinarbeitsgerät (BAG®) der Firma Wolf



Abbildung 22: Konzentrisch durchgeführtes LIBET-Training auf dem Beinarbeitsgerät (BAG®)

Über die Software sind ständig folgende Informationen über die Messdaten abrufbar: Kraftkurvenverlauf, Höhe der Maximalkraft, Leistungsverlauf, momentane Leistung, Schub-/ Zugweg, Schub- / Zugfrequenz, Wiederholungszahl, Trainingszeit, momentane isokinetische Geschwindigkeit und mit einem angelegten Brustgurt (Modell: Polar®) die Herzfrequenz.

3.3.1.2 Das konzentrisch-isokinetische Training mit dem Beinarbeitsgerät

Das konzentrische Training auf dem Beinarbeitsgerät (BAG®) besitzt alle typischen Merkmale eines isokinetische Trainings (vgl. EGGLI, 1988):

1. **Akkomodierender Widerstand**

   Von besonderem Vorteil ist der angepasste Widerstand (accomadating resistance exercise). In jedem Gelenkwinkel kann eine optimale Muskelspannung erreicht werden. Eine konstant gehaltene Bewegungsgeschwindigkeit ermöglicht ein sicheres und optimal geführtes Muskelaufbau-Training ohne hohe Beschleunigungsbelastungen.

2. Funktionelle Geschwindigkeit

Aus trainingsphysiologischer Sicht wird die Hypertrophie der Muskeln durch Training mit ausreichend hoher Muskelspannung erreicht (Reiz - Spannungstheorie: HETTINGER 1966). Belastungseinschränkungen bei chronischen oder akuten Beschwerden verhindern häufig ein rein trainingswissenschaftlich orientiertes Muskelaufbautraining. Bei sehr langsamen Geschwindigkeiten (< 0,2 m/s) können zu hohe Kompressionskräfte im Gelenk entstehen, die Schmerzen während und nach dem Training verursachen. Schnelle Geschwindigkeiten reduzieren, relativ zur eingesetzten Muskelleistung, die realisierbaren Kräfte. (Hill´sches Gesetz 1927). Zu schnelle Geschwindigkeiten können das Gefühl vermitteln „ins Leere zu stoßen“. Sie sind für den Patienten schwer zu kontrollieren und können ihn verängstigen. Bewegungen mit zu geringem Führungswiderstand sind häufig traumatisierend. Vor allem besteht die Gefahr das Knie zu überstrecken. Deshalb sind in der Rehabilitation sehr schnelle und sehr langsame Geschwindigkeiten unerwünscht. Mit großen Trainingsumfängen kann mit möglichst langsamen Bewegungsgeschwindigkeiten ein Muskelaufbau versucht werden (vgl. ATP - Mangeltheorie nach MEERSON 1968; in: HOLLMANN / HETTINGER 1990). Bei wenig belastbaren Patienten erweisen sich Trainingsgeschwindigkeiten zwischen 0.35 - 0.4 m/s als günstig. Bei entsprechendem Trainingsfortschritt wird das rehabilitativ eingesetzte Geschwindigkeitsspektrum auf langsamere und schnellere Geschwindigkeiten erweitert.

3. Bewegungsumkehr

Gering belastbare Patienten sollten schnelle Bewegungsumkehren meiden. Der Patient soll durch häufige Koordinationsschulung lernen, seine Bewegungsausführung möglichst azyklisch auszuführen und Ausholbewegungen und Schwungholen zu unterlassen. Die Kraftkurven sollen entsprechend einer natürlichen Muskelkraftentwicklung sukzessiv aus der Beugung in die Kniestreckung ansteigen, um kurz vor der Endstreckung das Kraftmaximum zu erreichen. Aktiv unter zunehmend exzentrischem Einsatz der Kniebeugermuskulatur wird kurz vor der Endstreckung die Bewegung abgebremst und angehalten. Eine spätere Schulung schnellerer Bewegungsumkehren halten wir für nicht sinnvoll, diese sollten vielmehr ohne Trainingsgerät sportartspezifisch erarbeitet werden. Das Training der Kniebeugermuskulatur hat v.a. bei Zuständen nach Kreuzbandoperationen höchste Priorität. Ein Kniebeugertraining auf dem BAG wird von uns wegen der Problematik der Hüftbeuger und eventuell auftretender Beschwerden in der Lendenwirbelsäule nicht empfohlen.

4. Bewegungslimitierung

Ein Training aus mehr wie 110 Grad Kniebeugung halten wir für nicht notwendig. Vor allem bei retropatellaren Knorpelläsionen empfehlen wir je nach Lokalisation und Schwere ein Training aus 75-90 Grad Kniebeugung. Bei weniger Kniebeugung ist wegen der kurzen Bewegungsstrecke ein BAG-Training nicht mehr sinnvoll. Außer bei Kontraindikationen lassen wir, bedingt durch die besseren Operationstechniken, im Sinne einer funktionellen Belastung sehr früh in die volle Kniestreckung bewegen. Ziel ist es, dass der Patient möglichst bald die volle Kniestreckung aktiv kontrollieren und u.a. bei der Gangschulung entsprechend umsetzen kann. Prinzipiell soll der Patient selbst lernen, notwendige Bewegungslimitierungen optisch und kinästhetisch, unter Kontrolle des Therapeuten und Anzeige des Bewegungsausmaßes auf einem Bildschirm, kontrolliert umzusetzen. Bewegungen mit den am Gerät angebrachten mechanischen Stops zu limitieren, halten wir für nicht sinnvoll. Kann der Patient seine Bewegung gut kontrollieren, braucht er keine externe Limitierung. Wird ein Bein versehentlich auf einen mechanischen Stop gestoßen, können leicht Kräfte auftreten, welche die Gesundheit des Patienten ernsthaft gefährden können. Die Gefahr von Belastungen, die bei Überschreitung des vorgegebenen Bewegungsausmaßes auftreten können, sind sicherlich weit weniger gefährlich.

3.3.2 „LIBET“- Untersuchungsverfahren

3.3.2.1 „LIBET“= Linear-isokinetischer Bein-Extensions-Test

Grundsätzlich muss bei der Testung der Maximalkraft mit maximalem willkürlichem Krafteinsatz geschoben werden. Um einen Orientierungs- und Referenzwert des gesunden Beines zu erhalten, wird zu Beginn eines BAG-Trainings die Maximalkraft der gesunden Seite bei 0.4 m/s Testgeschwindigkeit gemessen. Es ist nicht nötig das gesunde Bein täglich zu testen. Beim isokinetischen Gerätetraining wird der Widerstand nach der Höhe der eingesetzten Kraft gesteuert. Ein Maximalkrafttest, auch bei der linearen Isokinetik, wurde erst durchgeführt, wenn das betroffene Bein komplikationsfrei und durch Training entsprechend geschult ist.

3.3.2.2 „LIBET“- Testausführung

Durch standardisierte Messung der Maximalkräfte bei fünf Geschwindigkeiten wird eine Istwert-Analyse für den Links-Rechts-Vergleich der Beinkraft und den aktuellen Funktions-zustand beider Beine erstellt. Ein Test sollte schmerzfrei nach oben genannter Technik im Sitzen bei 30-Grad Neigung der Rückenlehne mit Beckengurtfixierung durchgeführt werden. Es war die Aufgabe eines jeden Therapeuten vor jedem Test verantwortungsvoll zu entscheiden, ob ein Test sinnvoll ist und ob der Test den Patienten nicht schädigen kann. Als Testspektrum verwendeten wir Bewegungsgeschwindigkeiten mit einem jeweiligen Unterschied von 0.1 m/s, zwischen 0.2 und 0.6 m/s.

Folgendes Vorgehen empfehlen wir als standardisierten Testablauf:

1. Unspezifisches, allgemeines Aufwärmen (10 - 15 Minuten); z.B. mit einem Ergometer.
2. Spezifische Gerätegewöhnung an dem BAG mit Technikschulung
3. Jedem Maximalkraft-Test gehen einige submaximale Probeschübe voraus.
4. Die erste Testgeschwindigkeit erfolgt auf der gesunden Seite bei einer voreingestellten Test-Geschwindigkeit von 0.4 m/s.
5. Bei der gleichen Geschwindigkeit erfolgt die Messung der verletzten Seite.
6. Ein Seitenwechsel wird nun nach jeder zweiten Geschwindigkeitsmessung durchgeführt. Die Messungen erfolgen in folgender Reihenfolge mit den Geschwindigkeiten 0.6; 0.5; 0.3 und 0.2 m/s.
8. Nach Bedarf werden die Messungen wiederholt.(Erklärung siehe unten). Die Maximalkraftwerte werden numerisch in ein Testprotokoll eingetragen.

3.3.2.3 „LIBET“- Auswertung

Durch standardisierte Messung der Maximalkräfte bei fünf Geschwindigkeiten wird eine Istwertanalyse für den Links-Rechts-Vergleich der Beinkraft und den aktuellen Funktionszustand beider Beine erstellt. Die gemessenen Werte werden zur Objektivierung der Leistungsfähigkeit der Beine, zur Trainingssteuerung und zur Beurteilung der Trainingseffektivität herangezogen. Um zwei einfache Parameter für die Vergleichbarkeit intra- und interindividueller Unterschiede zu erhalten, addieren wir die gewonnenen dynamischen Maximalkraftwerte zu einer Summe. Die Maximalkraft-Summe dividiert durch das aktuelle Körpergewicht ergibt jeweils für jede Seite eine Relativkraft-Summe. Die Einzelwerte werden in einem X-Y-Koordinatensystem zur graphischen Beurteilung der Maximalkräfte in Abhängigkeit zur Geschwindigkeit dargestellt.

Nach dem Newton`schen Gesetz besteht bei einer gegebenen Leistung (P) (z.B. maximaler Muskeleinsatz) eine Linearität zwischen Kraft (F) und Geschwindigkeit (υ): ($P = F \times \upsilon$). Nach HILL (1927) ist die Beziehung Kraft / Geschwindigkeit eine Exponentialfunktion, wenn in Abhängigkeit zu einer langsamer werdenden Geschwindigkeit, die Kraft ansteigt. Die Kraft steigt linear an, je langsamer die Geschwindigkeit gewählt wird. Nachdem die funktionellen, isokinetisch messbaren Geschwindigkeiten nur ein Segment der möglichen Geschwindigkeiten ausmachen, kann von einer Linearität der Kraftkurve ausgegangen werden. Sollte bei der graphischen Verbindung der fünf Messwerte ein oder zwei Werte aus der linearen Beziehung abweichen, halten wir es bei schmerzlosem Verlauf für zulässig, bei entsprechender Geschwindigkeit, die Messung zu wiederholen. Maximale Werte können, bei Testbeginn, Testunerfahrenheit, unsportlichen und ängstlichen Patienten nicht immer auf Anhieb hundertprozentig realisiert werden. Natürlich dürfen Patienten nicht in physikalische Gesetzmäßigkeiten gepresst werden. Deshalb muss es ausreichen, wenn aus unterschiedlichen Gründen, gerade auf der verletzten Seite eine strenge Linearität der fünf Werte nicht erreicht wird.

3.3.2.4 Normwerte für die „LIBET“- Testung

3.3.2.4.1 „LIBET“- Normwerte bei gesunden Leistungssportler/Innen

Bisher wurden keine linear isokinetischen Testwerte veröffentlicht, die mit dem LIBET-Testverfahren vergleichbar sind. Empirisch, aufgrund mehrjähriger Trainings- und Testerfahrung bei mehreren Hunderten von Kreuzbandpatienten, wurden die folgenden Werte ermittelt. Die dargestellten Werte von gesunden Leistungssportlern dienen zur Orientierung und zum Vergleich zu den folgenden Werten bei operierten Patienten.

Test-Geschwindigkeit (υ = m/s)	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	Summe: Absolut-kraft-	Summe: Relativ-kraft	Durchschnittl. Gewicht
Männer	**3600**	**3300**	**3000**	**2700**	**2400**	15000	200	(Ø: 77 kg)
Frauen	**2200**	**2000**	**1800**	**1600**	**1400**	9000	150	(Ø: 60 kg)

Tabelle 2: LIBET-Maximalkraftwerte (Nm) bei gesunden Leistungssportlern (Männer und Frauen)

3.3.2.4.2 „LIBET“- Normwerte für Männer nach vorderer Kreuzbandplastik

Die in Tabelle 3 dargestellten Werte unterscheiden sich erheblich von den Werten, die bei gesunden Sportlern (siehe Tabelle 2) gemessen werden. Die Kraftwerte auf der gesunde Seite sind niedriger, da sich in der Rehabilitationsphase allgemein die Kraft reduziert. Das geschieht wesentlich mehr auf der operierten Seite. Zudem zeigt sich, dass bei langsameren Geschwindigkeiten (v.a. bei 0,2 m/s) die Kraftwerte nicht mehr proportional so stark ansteigen. Bei langsameren Geschwindigkeiten erhöht sich der Druck auf das Kniegelenk so stark, dass es zu reaktiven Krafthemmungen kommt. Auch bei Schmerzfreiheit sind zu diesem Rehabilitationszeitpunkt erhebliche Reduzierungen der Kraftwerte normal. Treten Schmerzen bereits bei den Probewiederholungen auf, ist sofort abzubrechen. Meistens waren Abbrüche bei der letzten und langsamsten Testgeschwindigkeit von 0,2 m/s notwendig. Aufgrund dieser Problematik sollten noch langsamere Geschwindigkeiten auf keinem Fall zu diesem Zeitpunkt durchgeführt werden. Aufgrund der geringen Aussagekraft (keine Dynamik, geringe externe Validität) und der biomechanischen Problematik durch die noch höheren Druckbelastungen auf das Kniegelenk lehnt der Autor isometrische Maximalkraftmessungen kategorisch ab.

Test- Geschwindigkeit (υ = m/s)	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	Summe: Absolut-kraft-	Summe: Relativ-kraft	Durchschnittl. Gewicht
Operierte Seite	1800	1700	1600	1400	1200	7700	100	(Ø: 77 kg)
Gesunde Seite	2400	2200	2000	1800	1600	10000	130	(Ø: 77 kg)

Tabelle 3: LIBET-Maximalkraftwerte (Nm) bei Männern 6 Wochen nach vorderer Kreuzbandplastik

3.3.2.4.3 „LIBET“- Normwerte für Frauen nach vorderer Kreuzbandplastik

Bei den Frauen sind prinzipiell die gleichen Phänomene zu beobachten wie bei den Männern. Natürlich sind die Kraftwerte auf einem wesentlich geringeren Niveau (Verhältnis Frauen zu Männer: ca. 2 zu 3). Bei dem LIBET-Test realisieren Frauen in der Regel um 1/3 niedrigere Werte (siehe Tabelle 4). Alle in den Tabellen vorgestellten Werte dienen als Orientierungswerte nur für Patienten, die nach den oben beschriebenen Verfahren mit entsprechender Trainingserfahrung getestet wurden

Test- Geschwindigkeit (υ = m/s)	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	Summe: Absolut-kraft-	Summe: Relativ-kraft	Durchschnittl. Gewicht
Operierte Seite	1200	1150	1050	900	700	5000	85	(Ø: 60kg)
Gesunde Seite	1600	1450	1300	1150	1000	6600	110	(Ø: 60 kg)

Tabelle 4: LIBET-Maximalkraftwerte (Nm) bei Frauen 6 Wochen nach vorderer Kreuzbandplastik

3.4 Orthopädisch, rehabilitatives Bein-Ergometertraining „ORABET“

3.4.1 Beschreibung des Trainings- und Testgerätes

3.4.1.1 Das Ganzkörperergometer SCHWINN Air Dyne

Seit 1989 wird in der Klinik St. Hubertus in Bad Wiessee ein Ganzkörperergometer des Typs SCHWINN Air Dyne (siehe Abbildung 23) verwendet, um bei orthopädischen Patienten die Ausdauer zu trainieren bzw. zu testen. Durch lokal begrenzte Verletzungen, gerade der unteren Extremität, verringert sich die Leistungsfähigkeit vieler Patienten, da sie in ihren Bewegungs- und Trainingsmöglichkeiten stark eingeschränkt sind. Bei Leistungssportlern, vor allem bei ausdauertrainierten, kann die verletzungsbedingte Immobilisation häufig zu Bewegungsmangelsyndromen führen. Das Ganzkörperergometer SCHWINN Air Dyne ermöglicht es, sehr früh mit einem allgemeinen Ausdauertraining zu beginnen.

Es handelt sich hier um ein Fahrrad, bei dem anstatt des konventionellen Schwungrades normaler Fahrradergometer am Vorbau des Rades ein Käfig angebracht ist, in dem sich auf einer Nabe ein Rad mit Luftschaufeln befindet. Je schneller mit Armen und Beinen gearbeitet wird, desto schneller dreht sich das Luftschaufelrad und erhöht sich der zu überwindende Widerstand. Mit dem SCHWINN Air Dyne ist ein stufenloses, reibungsarmes und individuell steuerbares Ergometer-Training möglich. Die entscheidende Besonderheit ist die direkte mechanische Koppelung zwischen den Arm- und Beinkurbeln. Eine Extremität kann bei der Gesamtbewegung ausgeschlossen werden, ohne dass eine große Einbuße in der Dynamik der Bewegung hingenommen werden muss. Das Ganzkörperergometer bietet eine Vielzahl spezieller Anwendungsmöglichkeiten, die im folgenden vorgestellt werden.

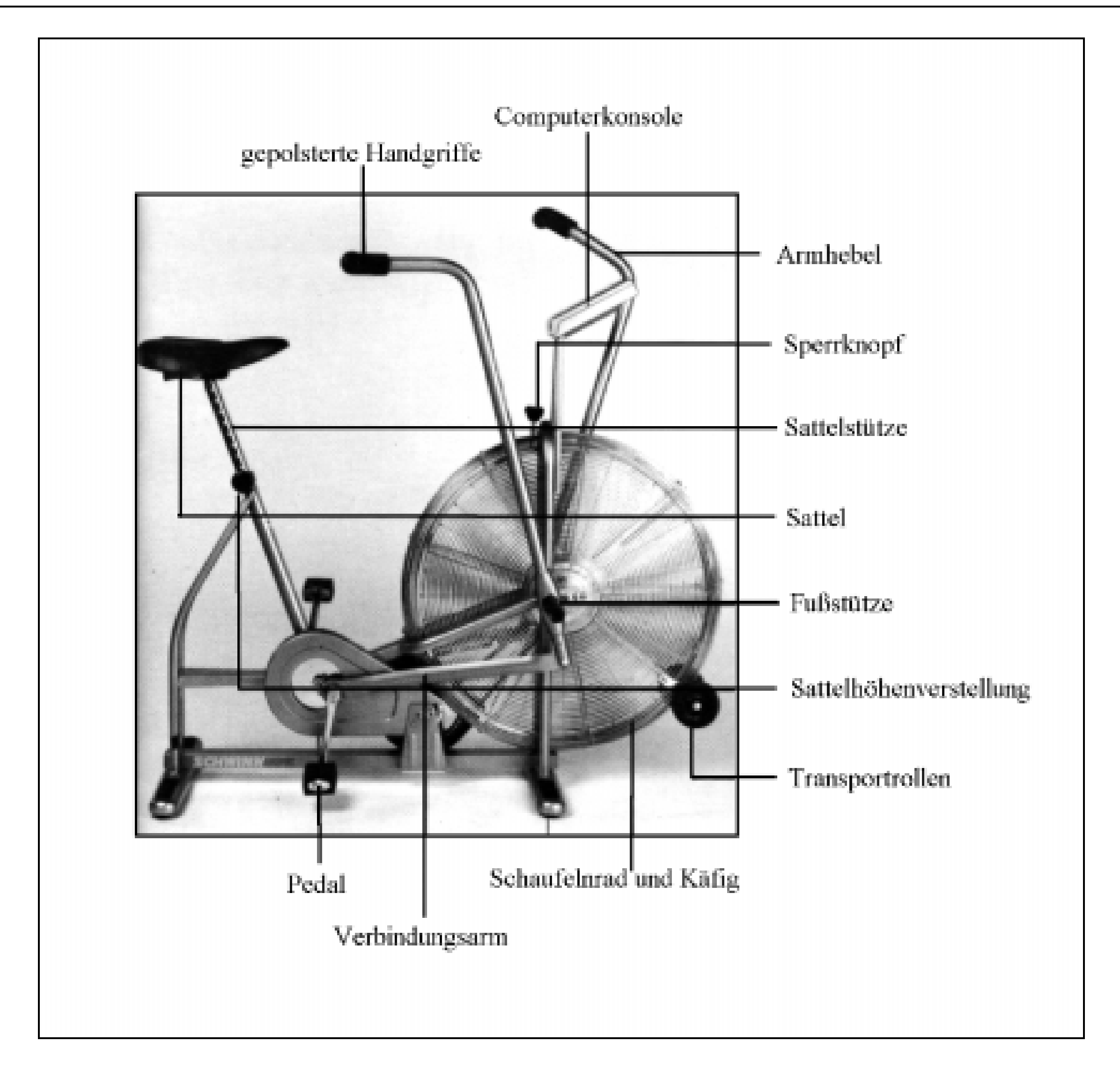


Abbildung 23: Das Ganzkörperergometer SCHWINN Air Dyne

3.4.1.2 Trainingsmöglichkeiten mit dem Ganzkörperergometer Schwinn Air Dyne:

3.4.1.2.1 Training unter 4-Punkt-Belastung

Das Fahrradfahren mit beiden Armen und Beinen wird als „4-Punkt-Belastung“ bezeichnet (vgl. BLÖCHINGER 1996, 21f (siehe Abbildung 24). Diese Art des Radfahrens, unter Einsatz aller Extremitäten, eignet sich hervorragend als Trainingsform der allgemeinen Ausdauer für gesunde und orthopädisch nicht eingeschränkte Patienten. Durch den hohen dynamisch arbeitenden Muskelanteil ist ein sehr effektives aerobes Ausdauertraining möglich.

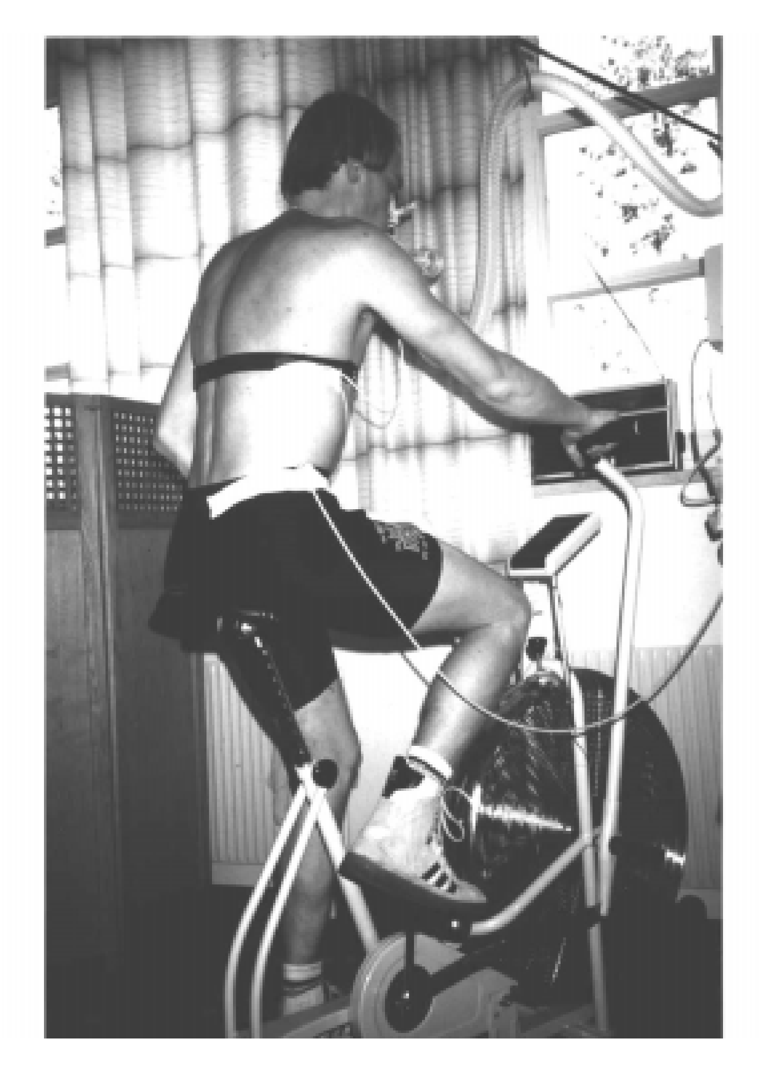


Abbildung 24: Die 4-Punkt-Belastung am Ganzkörperergometer SCHWINN Air Dyne

3.4.1.2.2 Training unter 3-Punkt-Belastung

Das Ganzkörperergometer bietet die Möglichkeit unter Ausschluss einer verletzten Extremität zu trainieren, da die Arm- und Beinarbeit an diesem Gerät direkt gekoppelt ist. Die Unwucht, die durch ein einbeiniges Treten entsteht, wird durch ein gleichmäßiges Betätigen der Armkurbeln ausgeglichen. Das Fahrradfahren unter Ausschluss einer Extremität wird „3-Punkt-Belastung" genannt (siehe Abbildung 25). Mit der 3-Punkt-Belastung bietet sich die Möglichkeit eines effektiven aeroben Ausdauertrainings zu einem Zeitpunkt, an dem bei vielen Patienten bisher keines möglich war..

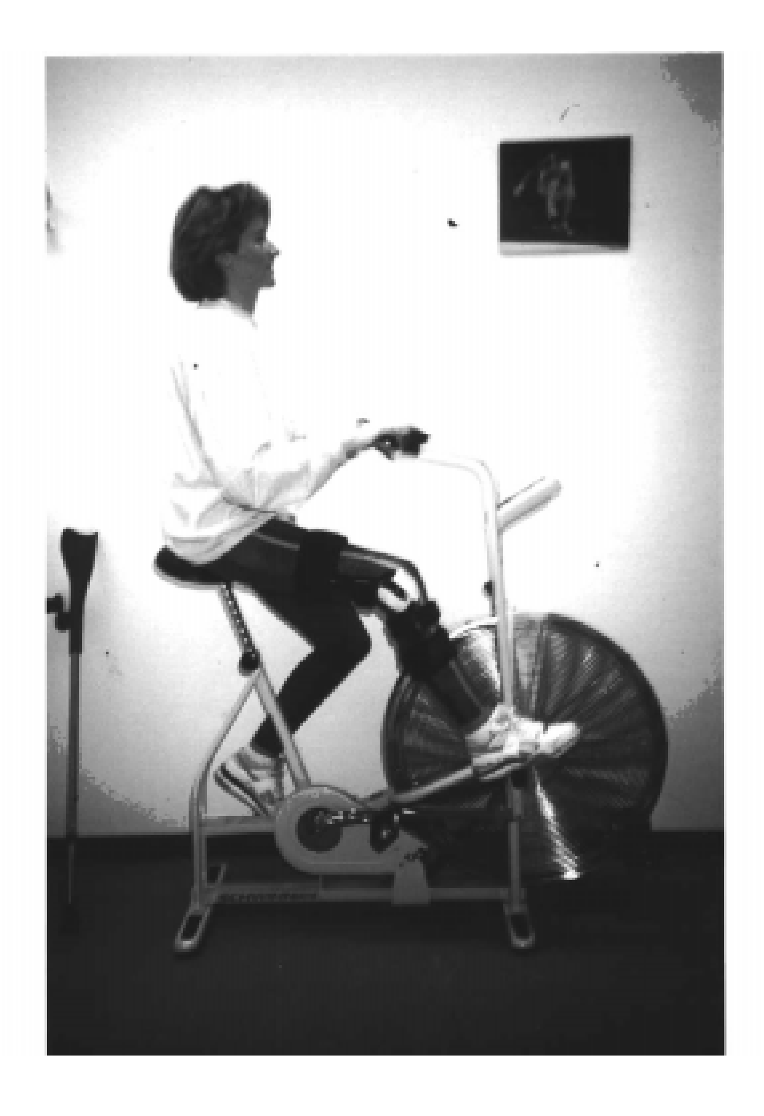


Abbildung 25: Die 3-Punkt-Belastung am Ganzkörperergometer SCHWINN Air Dyne

3.4.1.2.3 Training unter 2-Punkt-Belastung (Arme)

In der Rehabilitation werden immer mehr Arm-Ergometer eingesetzt. Von den Kostenträgern werden diese im Bereich der Ambulanten Rehabilitation als Mindest-Geräteausstattung gefordert (KUNZ et al. 1995). Diese Geräte trainieren nur die Arm-Schultermuskulatur. Sportartspezifisch können sie bei Kanuten und anderen Sportlern, mit Schwerpunkt auf dem Oberkörper, eingesetzt werden. Untersuchungen zeigen, dass der Anteil der dynamisch aktiven Muskulatur so gering ist, dass kein effektives Training des Herz-Kreislaufsystems zu erwarten ist (BLÖCHINGER 1996, 21f). Deshalb wird das in Abbildung 26 dargestellte Armergometer in der Klinik St. Hubertus vor allem bei Schulterpatienten eingesetzt. Werden beide Beine auf die Fußstütze gestellt, ist das Schwinn Air Dyne ein reines Armergometer. Da die Bewegung der Armhebel translatorisch ist, kann es früher und effektiver eingesetzt werden als die konventionellen Armergometer.



Abbildung 26: Die 2-Punkt-Belastung an einem konventionellen Armergometer

3.4.1.2.4 Tretarmverkürztes Fahrradfahren

Ist das verletzte Bein bereits belastbar, in seiner Beweglichkeit aber noch eingeschränkt, bietet sich am Ganzkörperergometer die Möglichkeit an, ein Training unter 4-Punkt-Belastung unter Einsatz von Tretarmverkürzungen durchzuführen. Diese Vorrichtungen lassen sich nahezu an jedes Fahrrad und jeden Fahrradergometer montieren. Bei diesen Kurbeln sind die Pedale an den Tretarmen stufenlos zu verschieben und somit ist die Länge des Tretarms beliebig verstellbar. Durch Verkürzung des Tretarms wird eine Verkleinerung des Bewegungsumfangs und damit des Bewegungsausmaßes der Extremität verringert. Häufig sind Patienten durch Degenerationen oder nach Operationen in der Hüft- und Kniegelenksbeweglichkeit eingeschränkt. Einschränkungen der Kniebeweglichkeit, die ein konventionelles Radfahren verhindern, sind in der Rehabilitation nach Kreuzbandersatz-plastiken häufig vom Operateur zum Schutz des Transplantats vorgeschrieben (siehe PÄSSLER 1996 u.v.a.). Wenn leichtes Ergometertraining für das operierte Bein medizinisch indiziert ist, werden die Tretarmverkürzungen bei Einschränkungen der Kniebeugung unter 110 Grad verwendet. Prinzipiell gibt es zwei Arten von Tretarmverkürzungen (TAV):

3.4.1.2.4.1 Tretarmverkürzung durch Radiusreduzierung:

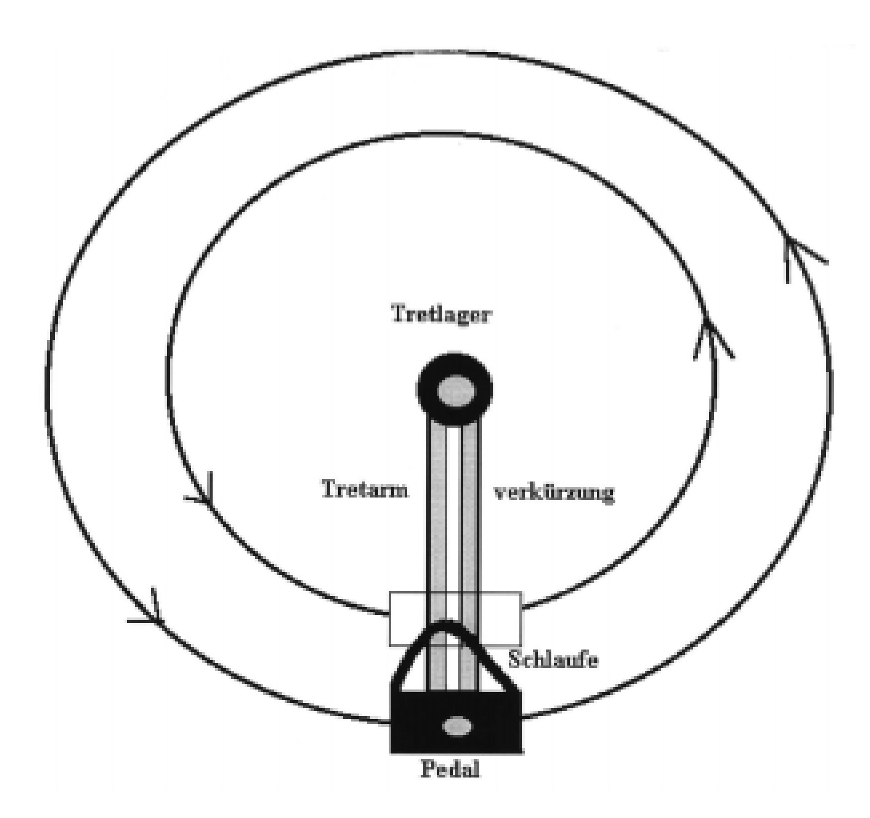


Abbildung 27: Tretarmverkürzung durch Reduzierung des Radius



Abbildung 28: Radiusreduzierte Tretarmverkürzung montiert auf einem konventionellen Ergometer

Bei diesem von mehreren Herstellern entwickelten Typ ist ein Pedalieren durch den Einsatz einer Schlaufe möglich. Es wird auf einer Seite mit der Streckmuskulatur das Pedal nach unten getreten und durch den aktiven Einsatz der Beugermuskulatur das Pedal der Gegenseite hochgezogen. Durch das Pedalieren erhöht sich der Muskeleinsatz und es kann die realisierbare Leistung auf dem Rad erhöht werden. Zu beachten ist die Leistungsreduzierung bei der Ergometerarbeit mit einer Tretarmverkürzung. Mit der Reduzierung der Tretarmes nimmt die Kurbellänge ab (siehe Abbildung 27 und 28). Es reduziert sich das physikalisch geleistete Drehmoment (= Kraft x Kurbellänge).
Als Nachteil stellt sich dar, dass sich mit der Radiusreduzierung nicht nur der gewünschte Kniebeugewinkel verringert, sondern auch die Kniestreckung. Diese Tretarmverkürzung ist durch das einfache Ersetzen des konventionellen Tretarmes am Kurbellager leicht zu montieren. Der Patient kann sich selbst die Radiusreduzierung stufenlos auf seine Bedürfnisse einstellen, bis er eine Kniebeweglichkeit von 110 Grad erreicht hat.

3.4.1.2.4.2 Tretarmverkürzung mit einem zusätzlichen Drehpunkt

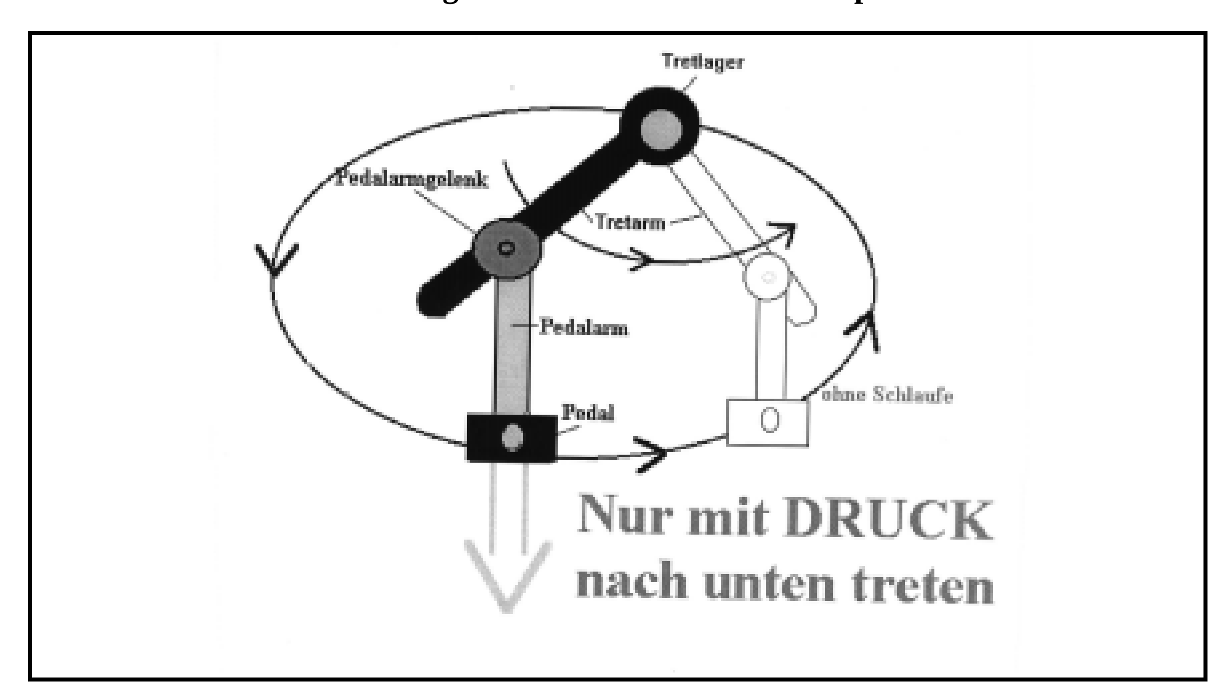


Abbildung 29: Tretarmverkürzung mit einem zusätzlichen Drehpunkt

Eine weitere Alternative zur Reduktion des Bewegungsausmaßes ist das Hinzufügen eines weiteren Drehpunkts. Der vorhandene Tretarm wird abgeschnitten und eine **FalisoMED**-Kurbel (siehe Abbildung 29) auf den Rest-Tretarm gesteckt. Die Montage erfordert präzise Handarbeit, da die neue Kurbel exakt parallel zum Original-Tretarm befestigt werden muss. Einige Millimeter Unterschied bedeuten eine erhebliche Unwucht und können das Ergometer-training für den Radfahrer zur Qual machen. Der pendelnde Tretarm ist für die Patienten zunächst ungewohnt. Konstruktionsbedingt kann nur mit einem permanenten Druck auf das Pedal der Tretarm pendelfrei genutzt werden. Durch den zweiten Tretarm entsteht eine nach unten verlagerte elliptische Tretbahn. Das ist ein großer Vorteil, da trotz der Reduktion der Kniebeugung die volle Kniestreckung erhalten bleibt. Durch die relativ physiologische Bewegung ist diese Modell bei den Patienten sehr beliebt.

Einen Nachteil stellt die aufwendige Verstellung der Tretkurbel dar. Tretarmverkürzungen mit einem zweiten Drehpunkt (siehe Abbildung 30) können durch jeweilige Anpassung der Kurbel an den Tretarm an jedem Fahrrad montiert werden (siehe Abbildung 31). Bei den Ganzkörperergometern hat sich in der Praxis eine fixe Einstellung mit einem Kniebeugewinkel von 90 Grad bewährt.

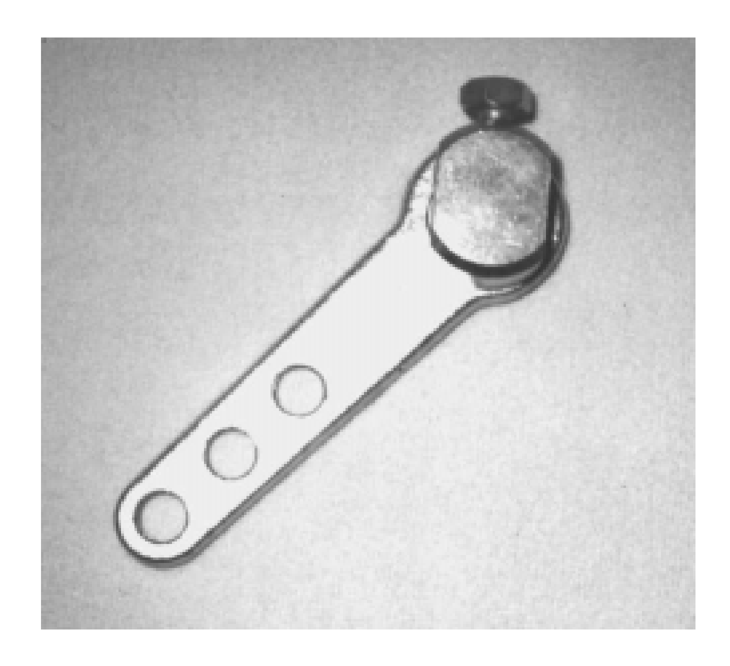


Abbildung 30: FalisoMED-Kurbel

Das Schwinn Air Dyne hat an das Kurbellager fest angeschweißte Tretarme und kann deshalb nicht mit einer Tretarmverkürzung mit Radiusreduzierung ausgestattet werden.
In einer orthopädischen Rehabilitationseinrichtung ist es am sinnvollsten mehrere Ergometer mit beiden Tretarmmodellen auszustatten. Somit können die Patienten die Vorteile beider Modelle nützen und z.B. bei verbesserter Kniebeweglichkeit auf die Ergometer mit Radiusverkürzung wechseln. Physikalisch ist bei allen Tretarmverkürzungen zu beachten, dass sich durch die Verkürzung des Tretarmes die geleistete Arbeit reduziert. Dadurch stimmt die auf dem Display angezeigte Leistung nicht mehr mit der realistisch ausgeführten Leistung überein. Vor allem in der Leistungsdiagnostik ist dieses Phänomen entsprechend zu berücksichtigen.

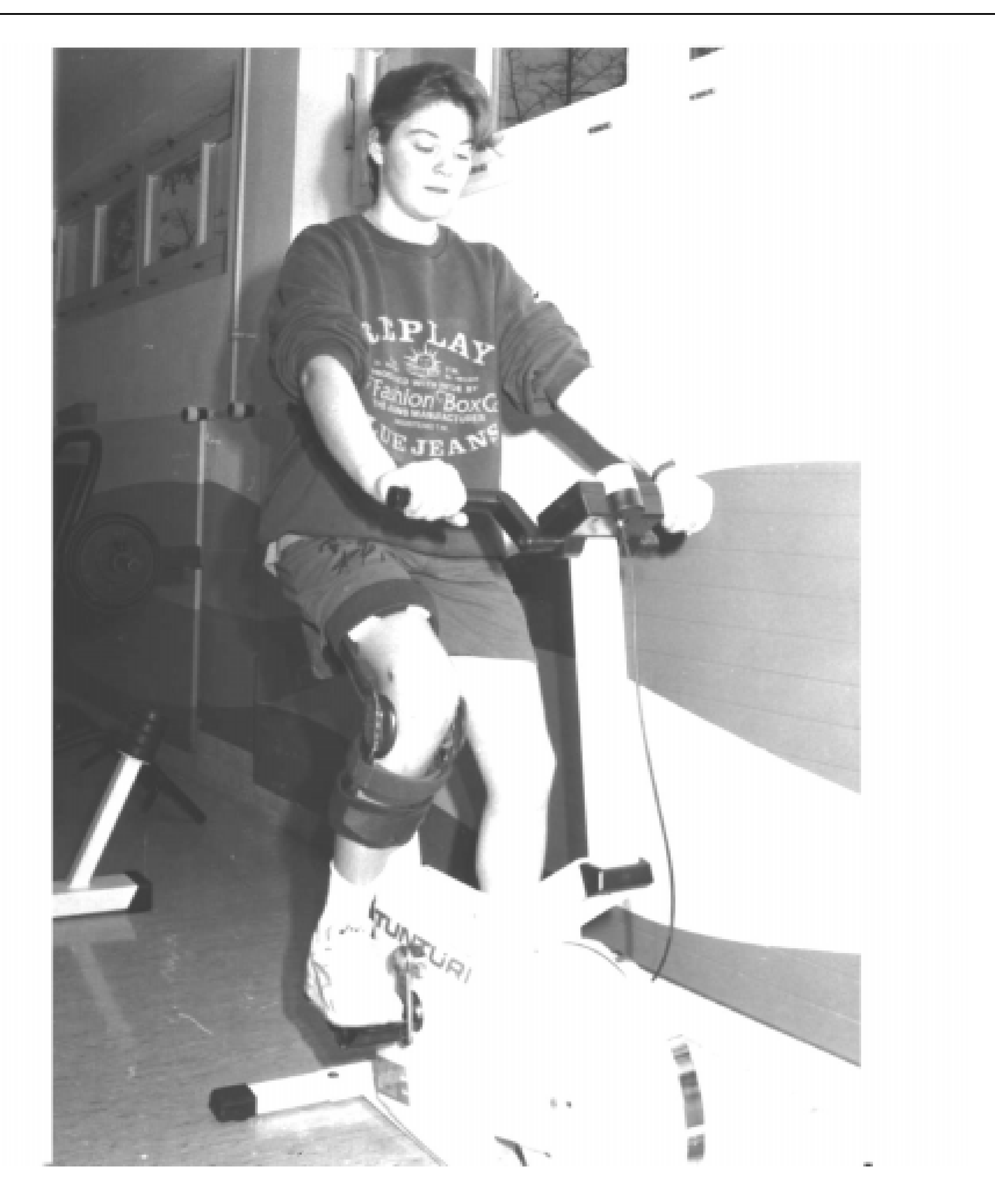


Abbildung 31: Auf einem Standard-Ergometer montierte **FalisoMED**-Kurbel

3.4.2 „ORABET“- Untersuchungsverfahren

3.4.2.1 „ORABET“ = Orthopädisch-rehabilitativer Arm-Bein-Ergometer-Test

Zur Feststellung der individuellen Leistungsfähigkeit hat sich die Fahrradergometrie im Sitzen in der Rehabilitation als Standardmethode durchgesetzt. Sie erfüllt die wichtigen Bedingungen der präzisen Dosierbarkeit und der jederzeit exakten Reproduzierbarkeit der Belastung. Das Fahrrad hat bei orthopädisch Verletzten den Vorteil, dass der Patient sein Körpergewicht nicht selbst tragen muss.

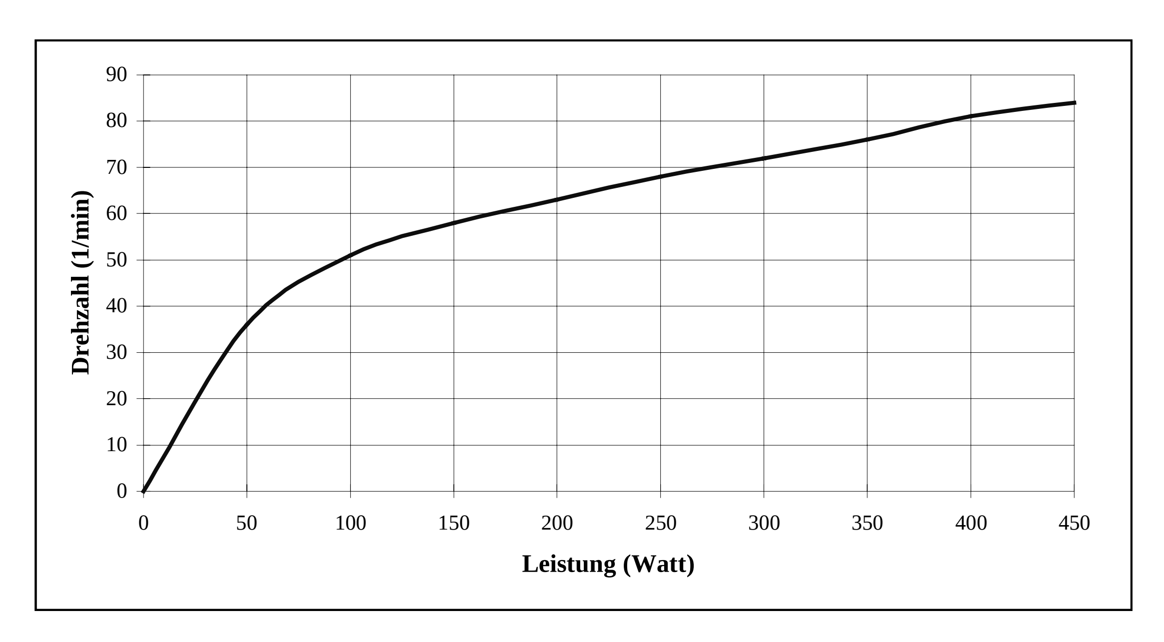


Abbildung 32: Abhängigkeit der Leistung von der Drehzahl am SCHWINN Ganzkörperergometer

Der Ganzkörpertrainer SCHWINN Air Dyne kann auch für die Leistungsdiagnostik eingesetzt werden. Die aufzubringende Leistung steigt bei diesem Gerät aufgrund des Luftwiderstandes mit der Trittfrequenz an. Die Abbildung 32 stellt die Abhängigkeit der Leistung von der Drehzahl dar. Auf dem Display des Ergometers werden als Level die Leistungsstufen angezeigt, wobei der Level 1,0 der Leistungsstufe 50 Watt entspricht.

Die gewonnen Daten der Herzfrequenz und der Laktatwerte werden in ein Koordinatensystem eingetragen. Beispielhaft sind die Werte während und nach der Belastungsphase, in Abhängigkeit zu den ansteigenden Belastungsstufen, in Abbildung 33 dargestellt.

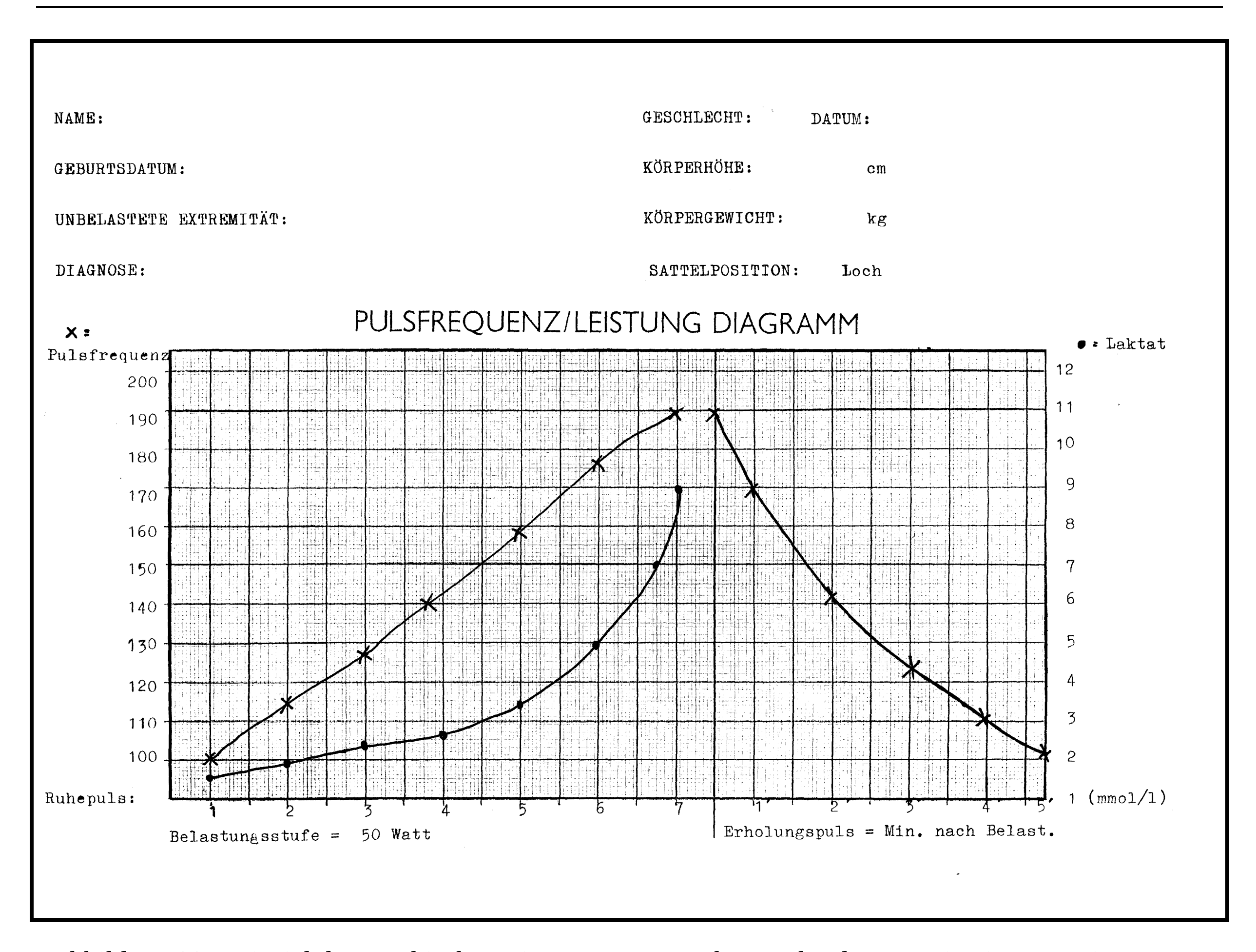


Abbildung 33: Beispiel der graphischen Eintragung von Laktat und Pulswerten in ein Test-Diagramm

Beim Spiroergometrie-Test auf dem Ganzkörperergometer bedient man sich der „Vita-maxima-Belastung" (MELLEROWICZ 1979) standardisiert durch den BAL („Bundesausschuss für Leistungssport"). Die Anfangsbelastung beträgt 50 Watt. Sie wird alle drei Minuten um 50 Watt gesteigert. Mit diesem Verfahren wird eine relativ rasche Ausbelastung eines sportlichen Probanden erreicht, die für die Bestimmung der maximalen O_2-Aufnahme notwendig ist. Aus Standardisierungsgründen werden ergometrische Untersuchungen bei konstanter Raumtemperatur (18 - 22°C) und bei einer relativen Luftfeuchtigkeiten von 40 – 60 Prozent durchgeführt.

Vor der Durchführung der Leistungsdiagnostik werden die Patienten durch ein Info-Blatt (siehe Anhang) über den Test aufgeklärt. Sie werden aufgefordert, drei Stunden vor dem Test keine schweren Mahlzeiten zu sich zu nehmen, einen Tag vorher keinen Alkohol zu trinken und unmittelbar vorher weder Kaffee, Tee, Cola noch Herz-Kreislauf beeinflussende Medikamente zu sich zu nehmen. Einen Tag vorher sollten sie nicht intensiv trainieren und ausreichend schlafen. Der Test wird nicht durchgeführt, wenn die Personen Fieber haben oder anderweitig erkrankt sind.

3.4.2.2 „ORABET“- Testausführung

Zunächst erfolgt die Vorbereitung des Patienten . Der Patient ist leicht bekleidet oder hat den Oberkörper frei. Es werden Pulsgurt und Elektroden an der Brust befestigt und die Atemmaske aufgesetzt. Mit dem Spiro-Ergometrie-System EOS Sprint (Firma Jäger) wird die O_2-Aufnahme, die CO_2-Ausscheidung und das EKG aufgezeichnet. Mit einer Pulsmessuhr (Firma Polar) wird die Herzfrequenz gemessen. Das Laktat wird durch Blutentnahme am Ohrläppchen mit dem Photometer Mini 8® (Firma Lange) ermittelt. Nach Anpassung der Sattelhöhe beginnen die Patienten mit beiden Armen und einem Bein gleichmäßig arbeitend den Level 1 (= 50 Watt) zu halten. Im Abstand von drei Minuten werden die Patienten aufgefordert, die Tretgeschwindigkeit zu erhöhen, so dass die Belastung um 50 Watt (= 1,0 Belastungsstufe) steigt. Da die Testpersonen mit Elektroden beklebt sind und eine Atemmaske tragen (siehe Abbildung 32), sollten sie versuchen mit möglichst ruhigem Oberkörper zu radeln. Nach dem Erreichen der individuellen Belastungsgrenze wird der Test abgebrochen. Die Patienten radeln sich drei Minuten bei 50 Watt aus. Die letzten zwei Minuten verbleiben die Patienten zur Bestimmung des Nachbelastungspulses auf dem Rad.

3.4.2.3 „ORABET“- Testauswertung

Die maximale Sauerstoffaufnahme sowie der Puls- und Laktatwert jeder Belastungsstufe werden in ein Protokoll eingetragen. Ebenso wird der Ausgangspuls und die Herzfrequenz in jeder einzelnen Minute der ersten fünf Minuten der Nachbelastungsphase festgehalten.

Im Anschluss an die Datenerfassung werden die so erhaltenen Werte in ein Koordinatensystem mit der x-Achse Leistung und der y-Achse Laktat eingetragen. An eine sekundäre y-Achse werden die Herzfrequenzwerte in bezug auf die Leistung eingetragen. Mit dem Koordinatensystem ist es möglich die Laktatschwellenwerte zu bestimmen. Bei der Laktat-Leistungskurve handelt es sich um eine Hyperbel. Mit dieser lässt sich durch Interpolation der Werte die erbrachte Leistung zwischen den einzelnen Laktatstufen bestimmen. Bei der Bestimmung der Herzfrequenzen zu den einzelnen Laktatstufen wird ebenso vorgegangen.

Zu den Laktatstufen 2, 3 und 4 mmol Laktat/l Blut werden die dazu gehörigen Werte, Leistung, Herzfrequenz und maximale Sauerstoffaufnahme, durch Ablesen aus den Diagrammen bestimmt und in das Protokoll eingetragen. Nach dem Belastungsabbruch werden die Werte des Nachbelastungspulses in Abhängigkeit zu der Zeit in dem Diagramm erfasst (siehe Abbildung 41).

3.4.2.4 Normwerte für die Ausdauerleistungsfähigkeit

3.4.2.4.1 Normwerte für die maximale Sauerstoffaufnahme

Die Ausdauerleistungsfähigkeit ist an die Sauerstoffmenge gebunden, welche dem Organismus über Atmung und Herzkreislauf zugeführt wird. Sie ist ein Bruttokriterium für die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit und liegt um so höher, je besser die Person Ausdauer trainiert ist. Die VO_2max wird in Litern pro Minute [l/min] **(absolute maximale Sauerstoffaufnahme),** oder bezogen auf das Körpergewicht in Milliliter pro Kilogramm und Minute [ml/kg/min] **(relative maximale Sauerstoffaufnahme)** gemessen und angegeben.
Die Normwerte für unterschiedliche Leistungsniveaus sind in Tabelle dargestellt.

	rel. VO_2max
Untrainierte	
Frauen (20.-30. Lebensjahr)	32-38 ml/kg/min
Männer (20.-30. Lebensjahr)	40-55 ml/kg/min
Hochtrainierte Ausdauersportler	
Frauen	60-70 ml/kg/min
Männer	80-90 ml/kg/min
Normwerte für Fitnesszustand	
Frauen	35-38 ml/kg/min
Männer	45-50 ml/kg/min
Ausdauertrainierte	55-65 ml/kg/min
Ausdauersportler (internationales Niveau)	65-80 ml/kg/min
Ausdauersportler (internationales Spitzenniveau)	85-90 ml/kg/min

Tabelle 5: Durchschnitts- und Normwerte der VO_2 max für unterschiedliche Leistungsniveaus (mod. aus: ZINTL 1994, 56)

3.4.2.4.2 Normwerte für den Nachbelastungspuls

Zur Beurteilung der Qualität der Erholungsfähigkeit wird laut BÖHMER et al. (1975) nach maximalen Belastungen mit Erreichen maximaler Herzfrequenzwerte die Herzfrequenz zum Zeitpunkt 5 Minuten nach Abbruch der Belastung herangezogen. Richtzahlen enthält die Tabelle 8.

Pulsfrequenz 5 Minuten nach Ende einer maximalen Belastung	
über 130/min	schlecht
130-120/min	ausreichend
120-115/min	befriedigend
115-105/min	gut
105-100/min	sehr gut
unter 100/min	Hochleistungszustand

Tabelle 6: Richtzahlen für die Qualität des Nachbelastungspulses nach Maximalbelastungen (BÖHMER et al. 1975, 71)

3.5 Befindlichkeitsmessung

3.5.1 Beschreibung der Befindlichkeitsuntersuchung

Die Befindlichkeitsskalen (BFS) erwiesen sich als reliable und valide Messinstrumente für Untersuchungen kurzfristiger psychischer Veränderungen in sportspezifischen Kontexten (Ein Exemplar des BFS-Erfassungsbogens befindet sich in Anhang 8.4.). Bei einem fünfstufigen Antwortmodus sind die skalenanalytischen Kennwerte zwar aussagekräftiger als bei einem zweistufigen, doch führt auch letzterer zu durchaus befriedigenden Ergebnissen. Die Probanden haben bei den BFS entsprechend ihrem aktuellen Befinden auf die 40 Adjektive entweder nach dem fünfstufigen Antwortmodus (je nachdem wie stark es zutrifft) oder nach dem zweistufigen Antwortmodus (mit „trifft zu“ oder „trifft nicht zu“) zu reagieren. Zur Auswertung werden die Antworten zu den einzelnen Subskalen addiert. Beim zweistufigen Antwortmodus werden die Antworten „trifft zu“ gleich 1 und „trifft nicht zu“ gleich 0 gesetzt. Die erhaltenen Subskalenwerte gelten als Maßzahlen für den Ausprägungsgrad des betreffenden Befindlichkeitsmerkmals.
Zur Berechnung von Differenzen bei „Vorher - Nachher“ - Messungen sollen, um das Ausgangswertproblem (Die Wahrscheinlichkeit bestimmter Differenzen ändert sich in Abhängigkeit vom jeweiligen Ausgangswert) zu berücksichtigen, die Veränderungswerte mit folgenden Formeln berechnet werden:

Positive Differenzen: $\frac{(\mathrm{y_i} - x_i)(y_i - a_i)}{(a_2 - a_1)^2}$

Negative Differenzen: $\frac{(\mathrm{y_i} - x_i)(a_2 - y_i)}{(a_2 - a_1)^2}$

a_1 ist der minimale, a_2 der maximale Skalenwert, x_i der Vortestwert und y_i der Nachtestwert.

Bei den Untersuchungen waren keinerlei Geschlechtsunterschiede beim Ausfüllen der Befindlichkeitsskalen festzustellen. Nach ABELE/BREHM besteht die Möglichkeit, lediglich die Skalen „Aktiviertheit“, „Energielosigkeit“, „Ärger“ und „Ruhe“, (womit sich die BFS auf 20 Adjektive verringern) als Befindlichkeitsmessinstrument zu benützen. In dieser Form sind die repräsentativen Aspekte der zweifaktoriellen, bipolaren Grundstruktur von Befindlichkeit erfasst. Zur Erfassung der Befindlichkeit wurden die Befindlichkeitsskalen („BFS“) von ABELE und BREHM (1984) benützt. Bei dem hier verwendeten Instrument handelt es sich um eine auf 20 Adjektive reduzierte Version der BFS, die mit jeweils fünf Adjektiven die

repräsentativen Aspekte, nämlich „Aktiviertheit“, „Energielosigkeit“, „Ärger“ und „Ruhe“, der zweifaktoriellen, bipolaren Grundstruktur der Befindlichkeit erfasst. Der Einfachheit wegen wurde ein zweistufiger Antwortmodus gewählt(sieh Anhang 8.5). Ergänzt wird der Erfassungsbogen durch eine Gesichterskala in Anlehnung an ANDREWS und WHITTNEY (1976), mit der die Patienten ihr aktuelles Gesamtbefinden angeben sollen. Ein Musterexemplar des Fragebogens mit der Zuteilung der jeweiligen Adjektiven zu den Subskalen befindet sich in Anhang IV.

3.5.2 Befindlichkeitstest-Ausführung

Bei der Erfassung der Befindlichkeit wurde der Bogen vom Prüfer an verschiedenen Trainingstagen während des Ausdauertrainings auf dem Ganzkörperergometer den Patienten vorgelesen. Diese sollten dann möglichst spontan auf die Adjektive mit ja oder nein, je nachdem wie es ihrem aktuellen Befinden entsprach, antworten. Der Prüfer dokumentierte die Antworten im Erfassungsbogen.

3.5.3 Befindlichkeitstest-Auswertung

Zur Auswertung der Befindlichkeitsbögen werden die Antworten „ja“ gleich „1“ und die Antworten „nein“ gleich „0“ gesetzt. Anschließend werden die Antworten der 5 Adjektive jeder Subskala addiert. So können Aussagen über die momentane Befindlichkeit jeder untersuchten Person bezüglich der Subskalen gemacht werden. Außerdem können die länger fristigen Auswirkungen des Trainings auf die Befindlichkeit festgestellt und analysiert werden.

3.6 Ablauf der Eingangs- und Abschlussuntersuchungen

3.6.1 „ORABET“- Untersuchung

Bei der Aufnahme der Patienten in die Klinik werden alle persönlichen Daten (Name, Adresse, Geburtsdatum, Angaben zu Art und Umfang der sportlichen Betätigung) und Angaben zu Verletzung und Operation in ein Protokoll eingetragen. In der vorliegenden Untersuchung werden Namen und Daten der Patienten aus Datenschutzgründen nicht genannt, sondern durch einen Code ersetzt. Alle Probanden unterzogen sich zu Beginn der Behandlung oder sobald es ihnen möglich war (durchschnittlich 4 Tage nach Aufnahme) einer ersten leistungsdiagnostischen Untersuchung (1. LDU), dem ORABET- Test am Ganzkörperergometer unter 3-Punkt-Belastung (das verletzte Bein radelt nicht mit). Diese Untersuchung dient der Leistungsfeststellung und der Bestimmung der Belastungswerte des folgenden rehabilitativen Ausdauertrainings. Täglich wurden den Patienten Trainingspläne mit der individuellen Belastungsstufe für das 45-minütige Ausdauertraining unter 3-Punkt-Belastung zugeteilt. Als Belastung wird die der 3mmol/l-Laktatstufe entsprechende Leistung und Herzfrequenz festgelegt. Am Ende des Rehabilitationsaufenthalts wurden alle Probanden unter denselben Richtlinien des Eingangstests einer weiteren zweiten leistungsdiagnostischen Untersuchung (2. LDU) unterzogen, um den Erfolg der Behandlung feststellen und Empfehlungen zum weiteren Training im Anschluss an die Rehabilitation (mit einer Dauer im Durchschnitt von vier [±1] Wochen) geben zu können.

3.6.2 „LIBET“- Untersuchung

Aus medizinischen Gründen wurden bei der Abschlussuntersuchung erstmals und abschließend LIBET-Testwerte ermittelt.

3.6.3 Befindlichkeits- Untersuchung

Die Befindlichkeitstests wurden zu folgenden Zeitpunkten während des Ausdauertrainings durchgeführt: beim ersten 3-Punkt-Ausdauertraining nach der 1. LDU und vor der 2. LDU mit vorgegebener Belastung von 3mmol/l. Dabei wurden den Patienten die Fragen während des Ausdauertrainings vorgelesen. Die Patienten mussten die Fragen mit „ja“ oder „nein“ beantworten, die der Vorleser entsprechend dokumentierte.

3.7 Statistik

3.7.1 Untersuchung der Fragestellung 1

Es handelte ich um eine Einzelmessung der maximalen Kraftfähigkeit (LIBET) am Ende der Rehabilitationsmaßnahme. Da es sich um keine experimentelle Untersuchung handelt, soll empirisch folgende 1. Fragestellung geklärt werden:

3.7.1.1 Fragestellung

„Eignet sich das linear-isokinetische Bein-Extensions-Training („LIBET“) für die Rehabilitation von Patienten nach vorderer Kreuzbandersatzplastik“.

3.7.2 Untersuchung der Fragestellung 2

3.7.2.1 Eingangshypothese

Bei der zweiten Fragestellung wird untersucht, ob durch das täglich 45 Minuten dauernde Grundlagenausdauertraining mit der gewählten Belastung von 3 mmol/l Laktat (ORABET) auf dem Ganzkörperergometer unter 3-Punkt-Belastung ein signifikanter Trainingserfolg erzielt wird.

Folgende zu überprüfende Hypothese wird aufgestellt:

„Durch das ORABET-Training wird eine signifikante Verbesserung der Grundlagen-ausdauer, d.h. eine signifikante Erhöhung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme, eine Verschiebung der Laktatleistungskurve nach rechts (bei gleichen Laktatwerten können höhere Leistungen erzielt werden), bessere Pulswerte und eine bessere Erholungsfähigkeit, erreicht.“

3.7.2.2 Versuchsplan

Die Untersuchung der oben aufgeführten Hypothese wird mit folgendem Versuchsplan durchgeführt. Es liegt hier ein vorexperimenteller Versuchsplan mit Vorher-Nachher-Messung an einer untersuchten Gruppe (G) vor. Vorexperimentell deshalb, da es sich hier um eine vorgegebene und nicht um eine unter Verwendung einer Kontrolltechnik willkürlich zusammengesetzte Gruppe handelt. Es wird sowohl vor (T_{vor} = Ausdauermesswerte vor der Behandlung) als auch nach (T_{nach} = Ausdauermesswerte nach der Behandlung) der Behandlung, d.h. der Einführung der unabhängigen Variablen (X), gemessen (vgl.: KUGEMANN / TOMAN 1988, Vers/5-i, 11).

Die ***unabhängige Variable (UV)*** (X) ist in diesem Fall das **ORABET** genannte Training.

Es handelt sich dabei um das täglich 45minütige Grundlagenausdauertraining mit der Belastung von 3 mmol/l auf dem Ganzkörperergometer SCHWINN Air Dyne unter 3-Punkt-Belastung (siehe...).

Die ***abhängige Variable (AV)*** ist die **Grundlagenausdauer** der Probanden, der durch die relative maximale Sauerstoffaufnahme, den Laktat- und Pulswerten bei verschiedenen Belastungsstufen und dem Erholungspuls in der Nachbelastungsphase operationalisiert wird. Als **Grundgesamtheit (Population)** werden alle Patienten nach einer vorderen Kreuzband-operation, die in der Klinik St. Hubertus eine Rehabilitation durchführen, angesehen. Aus dieser Population wurden alle Patienten ausgewählt, die im Zeitraum vom Februar 1992 bis Juni 1995 in die Klinik aufgenommen worden sind. Da **alle** Patienten der Klinik mit einer vorderen Kreuzbandersatzplastik ausgewählt wurden, ist die **Stichprobe** identisch mit der **Grundgesamtheit.** Das folgende Schema soll den dargestellten Versuchsplan verdeutlichen.

	Vorhermessung	Behandlung	Nachhermessung
G	T_{vor}	X	T_{nach}

Nachteil dieses vorexperimentellen Versuchsplanes ist, dass es keine Kontrollgruppe oder eine entsprechende Vergleichsuntersuchung gibt. Es kann deshalb nicht gesagt werden, ob die Differenzen zwischen den Vorher- und Nachhermessungen eindeutig auf die Wirkung der UV zurückgeführt werden kann (= interne Validität). Die Werte könnten sich auch durch Zeiteinflüsse, Testeffekte (die Patienten sind durch den ersten Test mit den Geräten und Bedingungen vertraut und dadurch kann sich das Testergebnis verbessern) und andere Einflussgrößen (z.B. Einfluss des restlichen Rehabilitationsprogramms, eigene Aktivitäten der Versuchspersonen, usw.) verbessert bzw. verschlechtert haben.

3.7.2.3 Statistische Methoden

Bei den Stichproben der Fragestellung 2 handelt es sich um eine abhängige Stichprobe, da versuchstechnisch eine Vorher-Nachher-Messung vorliegt. Jeder erzielte Wert des Abschlusstests (Werte der maximalen Sauerstoffaufnahme, Laktatwerte, Pulswerte) ist also in Abhängigkeit von dem im Eingangstest erreichten Wert zu sehen. Die Messwerte sind intervallskalierte Daten. Es ist zulässig, Mittelwerte und Standardabweichung zu berechnen. Eine schließende Statistik ist nicht notwendig, da wie bereits erwähnt, die Stichprobe mit der Grundgesamtheit identisch ist. Die Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen und die Erstellung der Diagramme wurden mit dem Programm Microsoft Excel 5.0 durchgeführt

3.7.3 Untersuchung der Fragestellung 3

3.7.3.1 Eingangshypothese

Im dritten Teil der Arbeit wurde die Auswirkung des 3-Punkt-Ausdauertrainings auf die längerfristigen und überdauernden Befindlichkeiten der Patienten untersucht. Hierzu wurde folgende Hypothese aufgestellt:

„Durch das regelmäßige 3-Punkt-Grundlagenausdauertraining (täglich 45 Minuten) in der Rehabilitation von Patienten mit arthroskopisch versorgten Kreuzbandrupturen kommt es zu einer positiven Befindlichkeitsveränderung, d.h. es wird Wohlbefinden gesteigert und Missbefinden vermindert."

3.7.3.2 Versuchsplan

Zur Überprüfung obiger Hypothese wird ein der Fragestellung 2 entsprechender Versuchsplan aufgestellt. Es handelt sich hier wiederum um einen vorexperimentellen Versuchsplan (es gibt keine Kontrollgruppe bzw. Vergleichsuntersuchung) mit Vorher-Nachher-Messung an einer untersuchten **Gruppe (G).** Sowohl vor (B_{vor} = Befindlichkeitsmesswerte vor der Behandlung) als auch nach (B_{nach} = Befindlichkeitsmesswerte nach der Behandlung) der Behandlung, d.h. der Einführung der unabhängigen Variablen (X), wird gemessen (siehe: KUGEMANN / TOMAN 1988, 11).

Die ***unabhängige Variable (UV)*** (X) ist hier wie in Fragestellung 1 das **„ORABET"-Training**; also das täglich 45minütige Grundlagenausdauertraining mit der Belastung von 3 mmol auf dem Ganzkörperergometer SCHWINN Air Dyne unter 3-Punkt-Belastung.

Die ***abhängige Variable (AV)*** bezeichnet die **Befindlichkeit** jeder einzelnen Versuchsperson mit ihren Subskalen Aktiviertheit, Ruhe, Ärger und Energielosigkeit und der Gesichterskala.

Die **Grundgesamtheit (Population)** besteht aus allen Patienten mit vorderer Kreuzband-ruptur, die in der Klinik St. Hubertus eine Rehabilitation durchführen.

Die **Stichprobe** ist auch hier identisch mit der Grundgesamtheit. Da **alle** Patienten die im Zeitraum vom Februar 1992 bis Juni 1995 in die Klinik aufgenommen wurden, an der Untersuchung teilgenommen haben. Folgendes Schema soll den Versuchsplan verdeutlichen:

	Vorhermessung	Behandlung	Nachhermessung
G	B_{vor}	X	B_{nach}

Nachteil eines vorexperimentellen Versuchsplanes ist die schlechte interne Validität. Es ist nicht feststellbar, ob und welche Störvariablen auf die Untersuchung einwirken.

3.7.4 Statistische Methoden

Bei der Stichprobe der Fragestellung 3 handelt es sich wiederum um eine abhängige Stichprobe, da versuchstechnisch eine Vorher-Nachher-Messung vorliegt. Die Befindlichkeitsmesswerte sind ordinalskalierte Messwerte (d.h. eine Ordnung auf einer Dimension nach: größer - kleiner, besser - schlechter,... ist möglich), aber die Abstände zwischen den Skalenpunkten sind ungleich. Für die Auswertung der Daten hat dies zur Folge, dass keine Mittelwerte und auch keine Standardabweichungen berechnet werden dürfen. Die Beschreibung und Darstellung erfolgt deshalb mit Hilfe des Medians, der Quartile und von relativen Häufigkeiten. Als Lagemaß wird der Median angegeben. Er teilt eine Reihe von geordneten Messwerten, so dass 50 % der Messwerte oberhalb und 50 % der Messwerte unterhalb des Medians liegen. Als Streuungsmaß dient bei ordinalen Daten die Angabe von Quartilen. Die geordnete Messreihe wird in vier gleiche Teile (Quartile) aufgegliedert. Dabei trennt das untere Quartil (= Q_1) 25 % der kleinsten und das obere Quartil (= Q_3) 25 % der größten Werte von den übrigen ab. Zwischen den beiden Quartilen liegen dann etwa 50 % der Werte. Je weiter die Quartile Q_1 und Q_2 voneinander entfernt sind, desto größer ist die Streuung, je näher sie zusammenliegen, um so kleiner ist die Streuung. Bei der Darstellung durch relative Häufigkeiten werden für jeden Skalenpunkt der vier Subskalen der Befindlichkeit und der Gesichterskala (A, B, C, D, E, F und G) der Anteil der Versuchspersonen berechnet, die den entsprechenden Wert erreichten, und mit Hilfe eines Säulendiagramms veranschaulicht. Aus Verlagerungen und Verschiebungen der relativen Häufigkeiten zu anderen Skalenwerten können dann etwaige Verbesserungen und Verschlechterungen abgelesen werden. Die Berechnung und Darstellung erfolgte wiederum mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel 5.0. Aufgrund fehlender Daten von einigen Patienten wurden 35 Patienten in den Auswertungen berücksichtigt.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der „LIBET“- Untersuchungen

In den unten dargestellten Diagrammen sind deutlich die Kraftunterschiede zwischen der operierten und der gesunden Seite erkennbar. Auf der operierten Seite kann um ca. 20 % weniger Kraft realisiert werden. Die untersuchten Frauen erreichen 82 Prozent und die Männer 78 Prozent der gesunden Seite. Auf der operierten Seite der Frauen werden um ein Drittel (66 Prozent) niedrigere Werte gemessen als bei den Männern, auf der gesunden Seite 64 Prozent (siehe Abbildung 34).

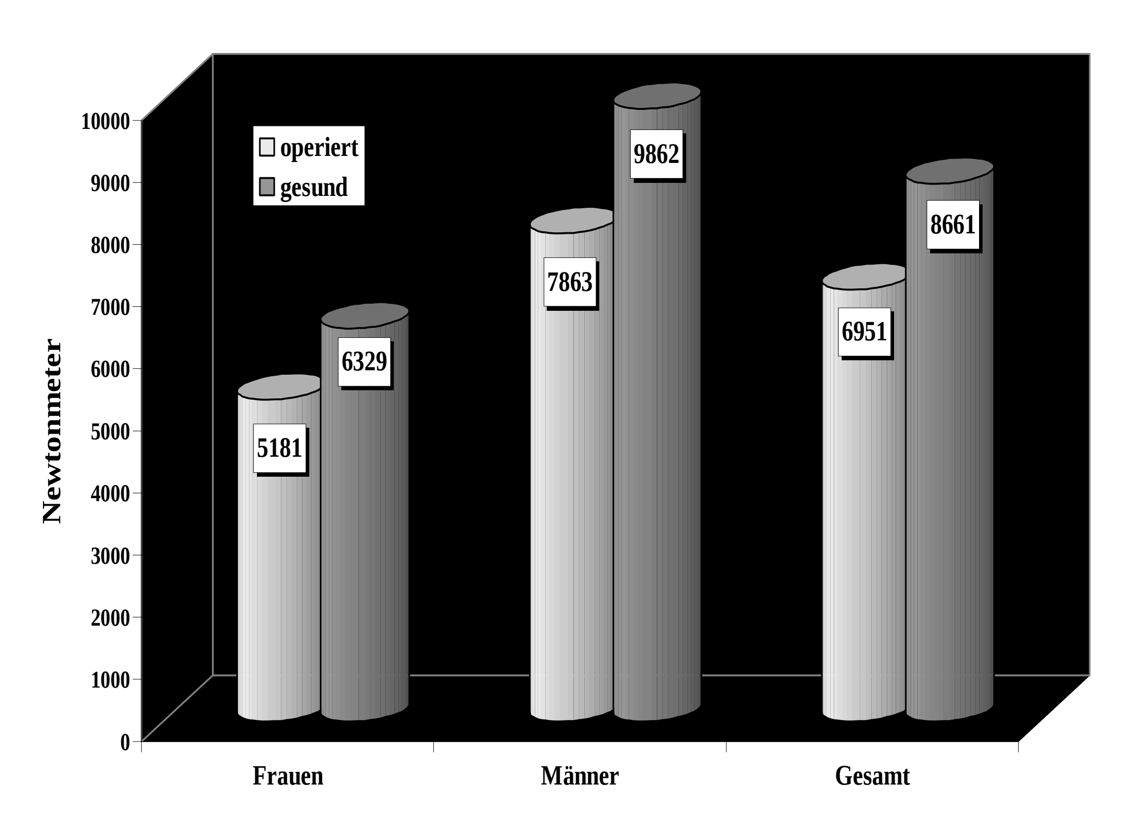


Abbildung 34: Absolutkraftwerte (Nm) des linear-isokinetischen Bein-Extensions-Tests („LIBET“) bei Frauen, Männern und in der Gesamtpopulation

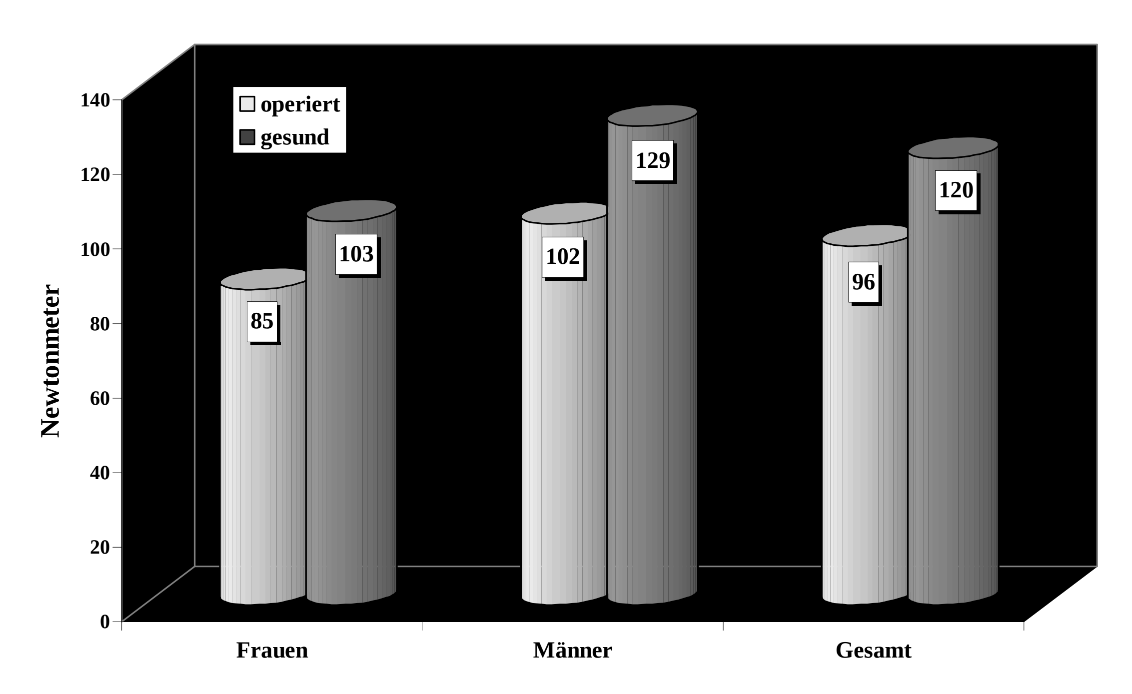


Abbildung 35: Relativkraftwerte (Nm) des Linear-isokinetischen Bein-Extensions-Tests („LIBET“) bei Frauen, Männern und in der Gesamtpopulation

Bei den Relativkraftwerten wurden die Absolutkraftwerte durch das jeweilige Körpergewicht des Patienten geteilt. Die gemessenen Werte sind im Anhang 8.1 numerisch dargestellt.

4.2 Ergebnisse der „ORABET“- Untersuchung

4.2.1 Ergebnisse der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_2max)

Im folgenden werden die einzelnen Operatoren der AV, ihre Ergebnisse und die Höhe der Verbesserungen dargestellt. Vor allem der Mittelwert der maximalen Sauerstoffaufnahme erhöhte sich um ca. 10 Prozent von der Vor- zur Nachuntersuchung (siehe Tabelle 9).

	vor	nach	Veränderung
Mittelwert (ml/kg/min)	37,97	41,88	3,91
Standardabweichung (ml/kg/min)	7,19	6,50	4,41

Tabelle 9: Mittelwerte und Standardabweichung der maximalen Sauerstoffaufnahme

Zur besseren Beurteilung der maximalen Sauerstoffaufnahme wurde eine Untergliederung der Stichprobe in 4 Gruppen vorgenommen. Es wurden jeweils die Niveaugruppen 1 und 2 bzw. 3 und 4 zusammengefasst. Die Geschlechter wurden getrennt, um die Mittelwerte der Gruppen mit den Normwerten vergleichen und die Veränderungen beurteilen zu können. Die durchschnittlichen Werte der maximalen Sauerstoffaufnahme vor und nach dem 3-Punkt-Grundlagenausdauertraining lassen sich aus der Abbildung 36 ablesen. Die Werte sind im Anhang 8.7.1 numerisch dargestellt. Der Anstieg der maximalen Sauerstoffaufnahme erhöhte sich etwa gleich stark bei allen Niveaugruppe (1-4)

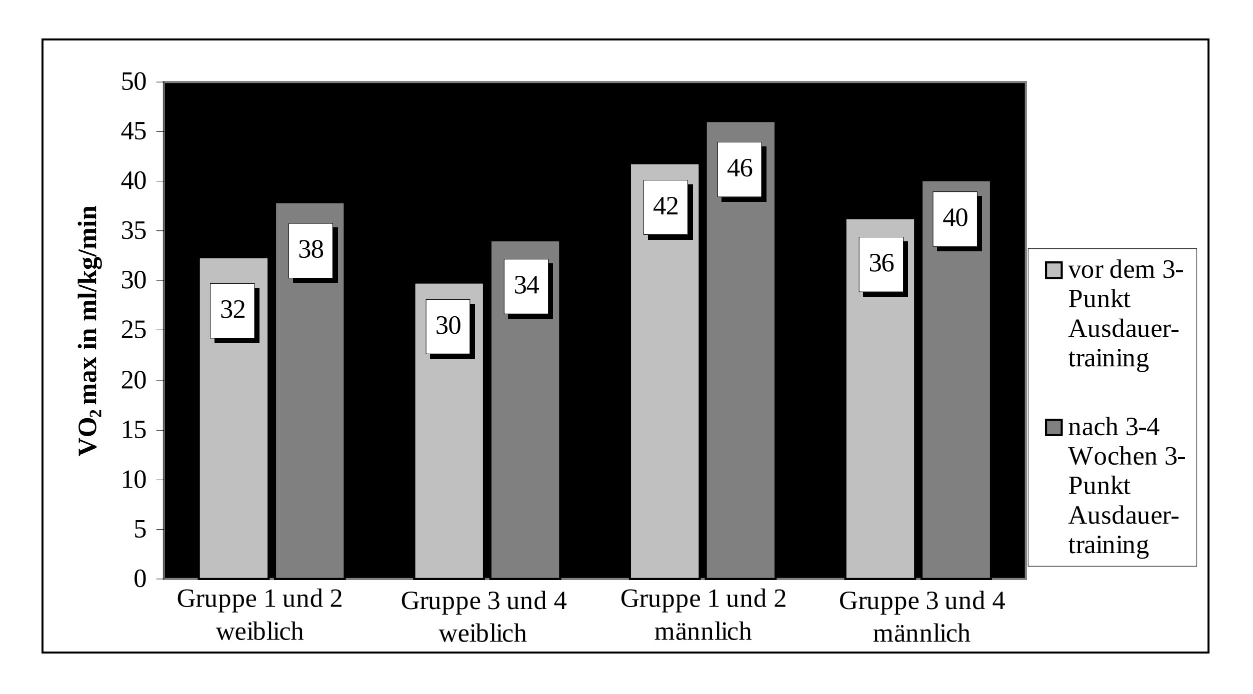


Abbildung 36: Maximalen Sauerstoffaufnahme in den verschiedenen Niveaugruppen

Die Veränderung der Leistungs- und Herzfrequenzwerte bezogen auf die Laktatstufe 3 und 4 vor und nach dem 3-Punkt-Grundlagen-Ausdauertraining und die daraus resultierenden Verbesserungen lassen sich aus der Abbildung 37 ablesen. Die Werte sind im Anhang 8.7.3 numerisch dargestellt. Bei der Laktatstufe 3 und 4 erhöht sich die jeweilig realisierte Leistung deutlich um mindestens 15 Prozent von ersten LDU zur zweiten. Die Herzfrequenz ändert sich jedoch kaum im Verhältnis zur ersten Untersuchung.

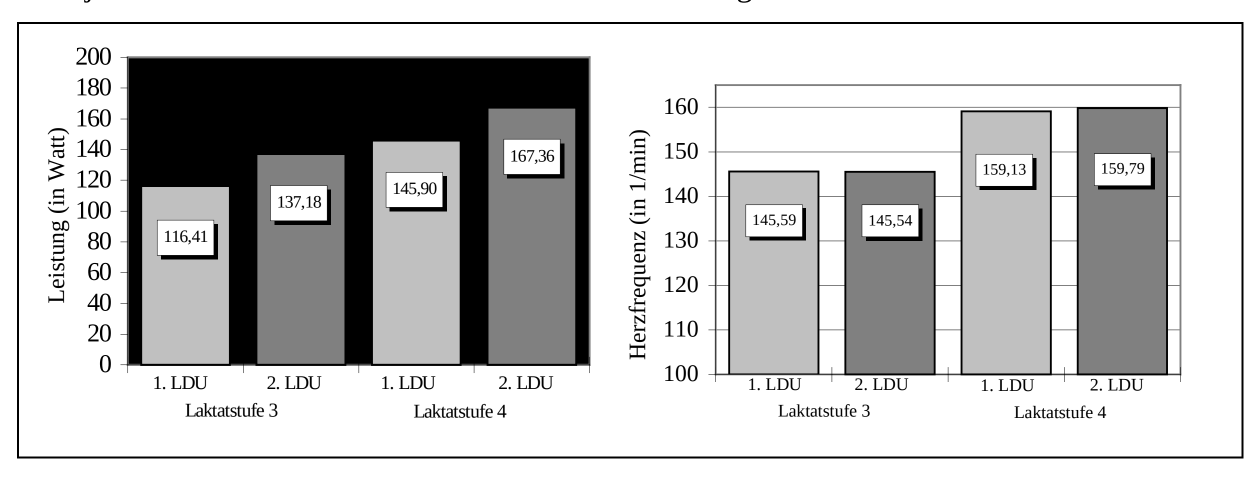


Abbildung 37: Veränderung der Leistungs- und Herzfrequenzwerte auf den Laktatstufen 3 und 4 mmol/l

4.2.2 Ergebnisse der Laktat- und Herzfrequenzleistungskurven

Zur Beurteilung der Ergebnisse wurden die Werte der Leistungsniveaugruppen (siehe 3.1.4 Einteilung nach sportlicher Betätigung und Leistungsniveau) gesondert betrachtet. Die Höhe der Veränderung der Leistung in den Leistungsniveaugruppen auf den verschiedenen Laktatstufen sind in Tabelle 10 und Abbildung 37 dargestellt.

	LEISTUNG	**LEISTUNG**	**PULS**	**PULS**
	Laktatstufe 3	**Laktatstufe 4**	**Laktatstufe 3**	**Laktatstufe 4**
Gruppe 1	21	28	0,8	-0,8
Gruppe 2	17,8	17,5	0,8	-0,1
Gruppe 3	21,3	21,61	-0,57	1,13
Gruppe 4	25	26,67	-2,67	0
Mittelwert	21,3	23,4	-0,41	0,06

Tabelle 10: Veränderung der Leistungs- und Pulswerte in den verschiedenen Leistungsniveaugruppen zwischen erster und zweiter LDU bei den Laktatstufen 3 und 4

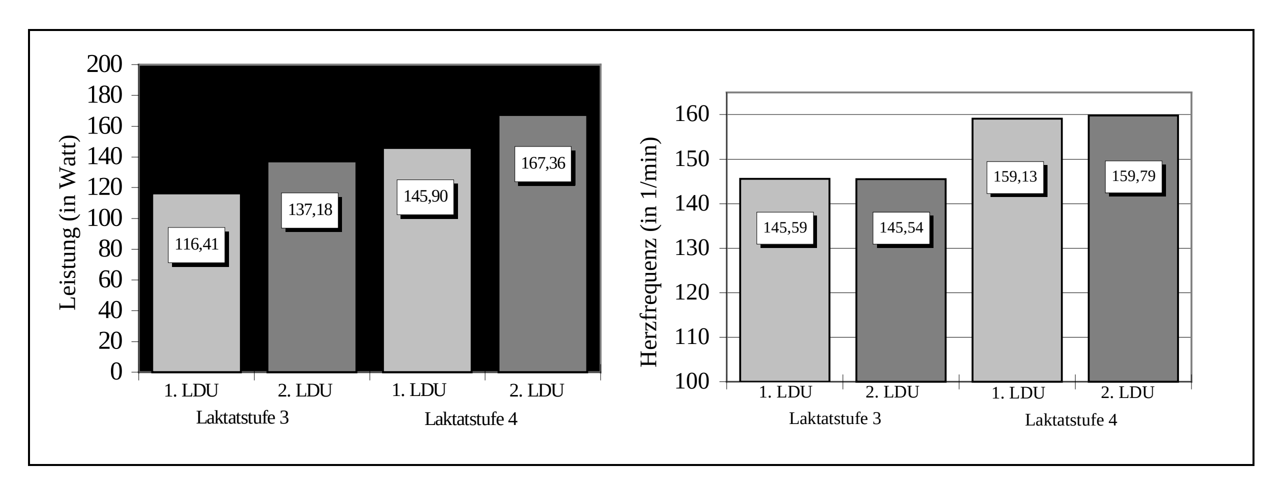


Abbildung 38: Veränderung der Leistungswerte auf den Laktatstufen 3 mmol/l und 4 mmol/l in den verschiedenen Leistungsniveaugruppen

Die Leistungs- und Pulswerte der Tabelle 10 erhöhen sich nur gering, die Pulswerte waren meist sogar leicht negativ. Deutlich sind die Leistungssteigerungen in der Abbildung 38 zu sehen. Je nach Leistungsniveaugruppe waren die Ausgangswerte von der Gruppe 1 zur Gruppe 4 niedriger. Die Steigerungen von der 1. zur 2. LDU sind bei der Laktatstufe 3 und 4 und von der Gruppe 1 bis 4 überall deutlich erkennbar (mindestens 10 Prozent).

4.2.3 Ergebnisse des Nachbelastungspuls

Ein weiteres Kriterium für die allgemeine Ausdauer ist die schnelle Erholungsfähigkeit. Zu qualitativen Feststellung der Grundlagenausdauer dient der Nachbelastungspuls. Dieser dient als grober Richtwert, da er beträchtlich von individuellen Gegebenheiten (Höhe von Ruhe- und Maximalpuls, Emotionen, ...) beeinflusst wird. Grundsätzlich erholen sich trainierte Personen schneller als untrainierte Personen. Bei der Stichprobe der Untersuchung zeigt sich eine geringe Verbesserung des Nachbelastungspulses um ca. 3 Schläge/min (siehe Tabelle 11). Auffällig ist die sehr hohe Streuung von fast 10 Schlägen/min. Die Probanden erreichten bei der zweiten leistungsdiagnostischen Untersuchung niedrigere gegenüber der ersten leistungsdiagnostischen Untersuchung.

	1. LDU	2. LDU	Veränderung
Mittelwert (1/min)	113,34	110,07	- 3,27
Standardabweichung (1/min)	16,32	15,66	9,72

Tabelle 11: Mittelwerte und Standardabweichung des Pulses in der fünften Minute nach maximaler Belastung

Wie oben bereits dargelegt, hängt der Nachbelastungspuls sehr stark von individuellen Gegebenheiten ab. Darin ist der Grund für die sehr hohe Streuung bei der Veränderung des Nachbelastungspulses zu suchen. Ein höherer Maximalpuls bzw. Ruhepuls oder eine etwas schlechtere Verfassung bei einer der beiden leistungsdiagnostischen Untersuchungen beeinträchtigt die Pulsmessungen in der Nachbelastungsphase. Zum Vergleich der Werte des Nachbelastungspulses und zur Diskussion der Werte ist es wieder notwendig, die Auswirkungen des Trainings in den verschiedenen Leistungsniveaugruppen (siehe 3.1.4 Einteilung nach sportlicher Betätigung und Leistungsniveau) zu betrachten. Durch das 3-Punkt-Ausdauertraining wurden die Herzfrequenzwerte in der fünften Minute nach maximaler Belastung in den Gruppen 1 und 2 nur gering oder nicht verbessert. Bei den Patienten dieser beiden Gruppen waren aber bereits bei der 1. LDU durchschnittlich sehr gute bzw. befriedigende Herzfrequenzwerte nach BÖHMER et al. (1975) (siehe Tabelle 11) festzustellen.
In Gruppe 3 und besonders in Gruppe 4 fielen die Verbesserungen deutlicher aus. So steigerte sich Gruppe 3 im Durchschnitt von einer befriedigenden auf eine gute, Gruppe 4 von einer ausreichenden bis schlechten auf eine befriedigende Qualität des Nachbelastungspulses. Die genauen Werte für die einzelnen Gruppen und die Verbesserungen zwischen 1. und 2. LDU durch das Rehabilitationstraining sind in Abbildung 39 zusammengefasst. Steigernd mit der Leistungsniveaugruppe werden die Nachbelastungswerte von der 1. zur 2. LDU niedriger.

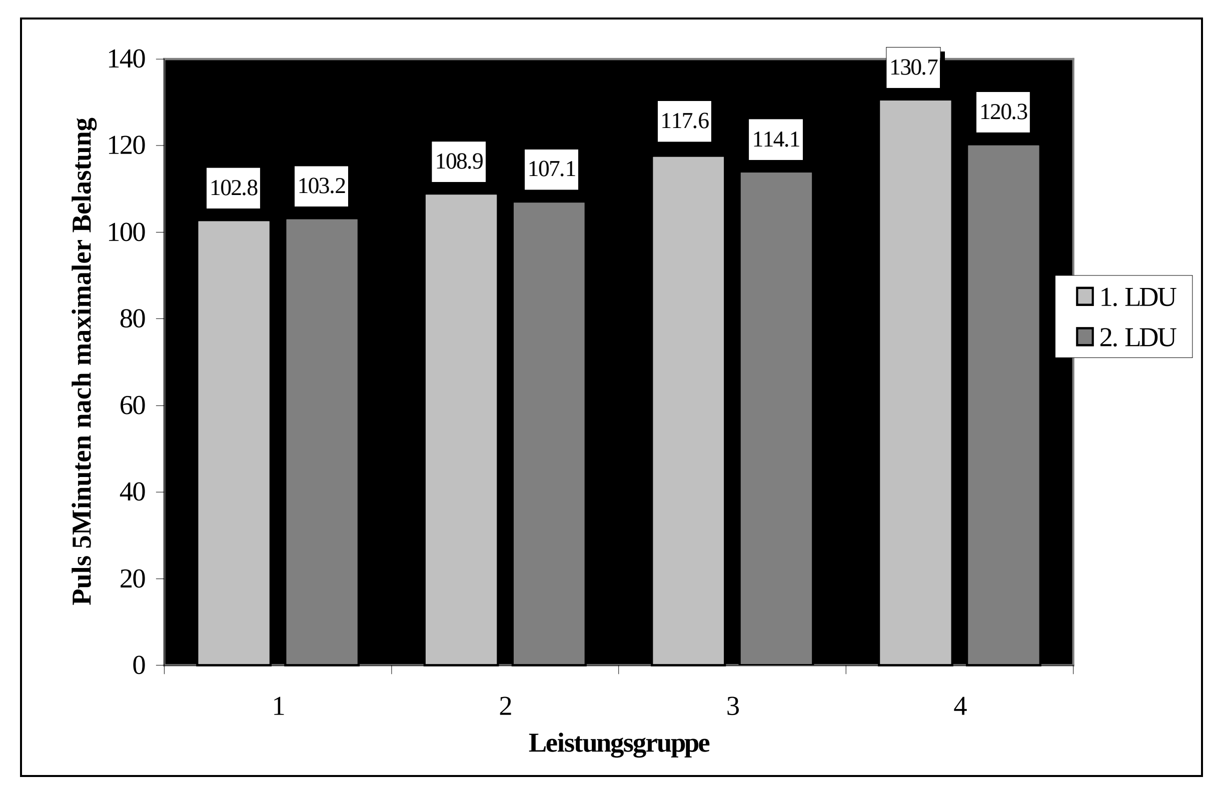


Abbildung 39: Nachbelastungs-Pulswerte 5 Minuten nach maximaler Belastung

4.3 Ergebnisse zur Untersuchung der Befindlichkeit

In der Untersuchung wurden zwischen den beiden Messungen (Test 1 = Befindlichkeitstest vor der Behandlung und Test 2 = Befindlichkeitstest nach der Behandlung) Verbesserungen in allen Subskalen, d.h. eine Steigerung des Wohlbefindens (Subskalen Aktiviertheit und Ruhe) und eine Verminderung des Missbefindens (Subskalen Ärger und Energielosigkeit) festgestellt. Dies lässt sich aus den Veränderungen der Medianwerte (siehe Tabelle 12) und den Verschiebungen in den Häufigkeitsverteilungen (siehe Abbildung 40) ablesen. Beim Test 1 waren die mittleren Gesichtskalen (C und vor allem D) am häufigsten vertreten. Beim Re-Test verschoben sich die Häufigkeiten deutlich zu dem freundlicheren Gesicht (B). Gesicht A, F und G kamen nicht vor.

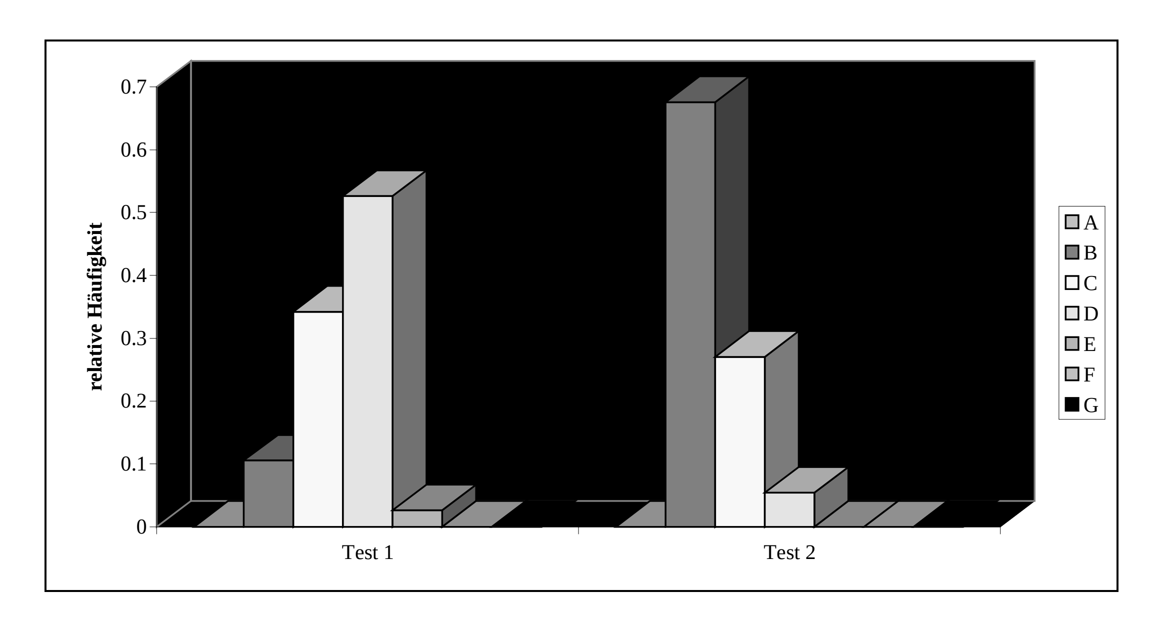


Abbildung 40: Relative Häufigkeiten der gewählten Gesichter in den einzelnen Tests

Besonders deutlich sind die Veränderungen in den Skalen Aktiviertheit und Energielosigkeit, etwas weniger deutlich in den Skalen Ruhe und Ärger ausgefallen (siehe Abbildung 41). Die Streuungen der Werte sind in beiden Tests sehr gering. Im ersten Test verteilten sich mindestens 50 % der Werte auf maximal drei Skalenpunkte, im zweiten Test auf zwei Skalenpunkte. Bei der Gesichterskala ergeben sich ebenfalls Verbesserungen. Die Verschiebung der relativen Häufigkeiten verschiedener Stufen der Gesichterskala (A = positives Gesicht, G = negatives Gesicht/vgl. Anhang 8.5) nach links (siehe Abbildung 40) und der niedrigere Medianwert im zweiten Test (siehe Tabelle 12) bedeuten eine Verbesserung des globalen Wohlbefindens.

	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2
Median	D	B	3	4	4	5	3	0	0	0
Q_1	C	B	1	4	3	4	1	0	0	0
Q_2	D	C	3	5	5	5	3	0	0,5	0

Tabelle 12: Median, unteres Quartil (Q_1) und oberes Quartil (Q_3) der Subskalenwerte vor (Test 1) und nach der Behandlung (Test 2)

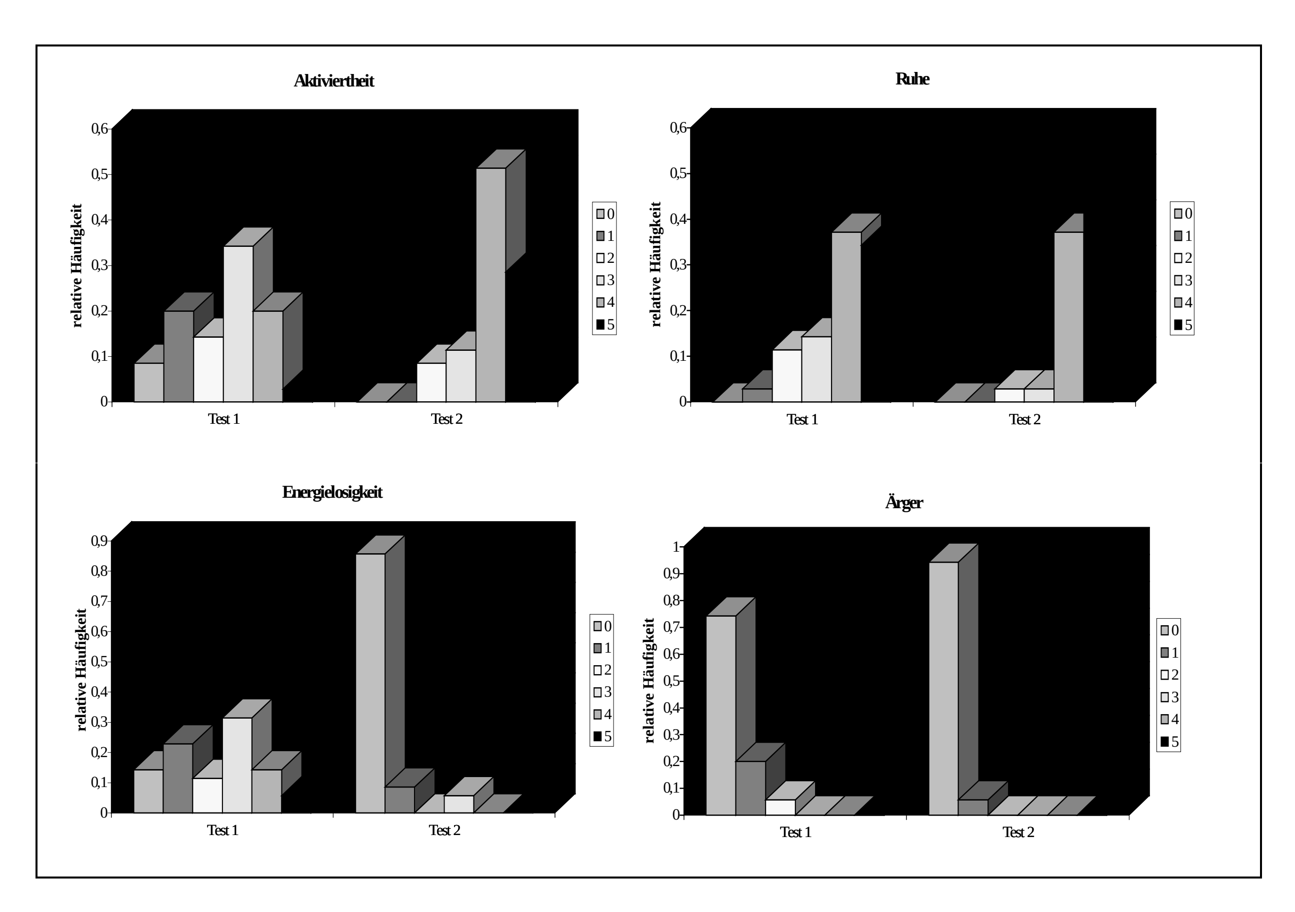


Abbildung 41: Relative Häufigkeiten der Skalenwerte (0, 1, 2, 3, 4, 5) in den einzelnen Befindlichkeitsbereichen

5 Diskussion

5.1 Diskussion zu den „LIBET“- Untersuchungen

5.1.1 Diskussion bisheriger isokinetischer Bein-Extensions-Tests

In der Literatur wird Isokinetik überwiegend gleichbedeutend als Test und Meßsystem in rotatorischer Funktionsweise vorgestellt (HALLER 1987, FREIWALD 1993, MAYER et al. 1994), die Trainings- und Testmöglichkeiten im geschlossenen System wurden übergangen. Nur einzelne setzten sich mit der linearen Trainingsmöglichkeit auseinander. Lineare Messungen wurden vor allem isometrisch, aber nur selten dynamisch durchgeführt. SODERBERG et al. (1987) wies elektromyographisch sehr viel höhere Spannungen des M. quadriceps im offenen System nach. FROBÖSE (1996) bestätigte diese Erkenntnisse mit einer Effektivitätsstudie über eine isokinetisch arbeitenden Leg-press-Station (BAG® der Firma Wolf). Er führte viermal in der Woche, drei Wochen lang (ab der 8. p.o. Woche), eine vergleichende Untersuchung mit 22 kreuzbandoperierten Freizeit-sportlern mit der gesunden Extremität (Schlittengeschwindigkeit: 0.7m/s) durch.
Das effektivere Training auf den rotatorischen Systemen (Knietrainingsstühle), sowie Drehmomentveränderungen um bis zu 23 Prozent wurden nachgewiesen. Besonders die erheblichen Veränderungen der Plantarflexion wurden herausgestellt (siehe Tabelle 13).

		Kniegelenk Extension 60 °/s	Hüftgelenk Extension 60 °/s	Fußgelenk Plantarflexion 60 °/s
Vortest	**x**	231,7	77,3	37,8
	s	63,1		
Nachtest	**x**	247,0	193,1	113,0
	s	58,0	71,9	35,8
p-Wert		< 0,01	< 0,05	< o,oo1

Tabelle 13: Mittelwerte (x) und Standardabweichung (s) der isokinetischen Drehmomentmaxima (Nm) der Knie- und Hüftextensoren sowie der Plantarflexoren vom Vor- und Nachtest mit langsamer Geschwindigkeit (60 °/s) bei einem Training in der Leg-press-Situation (FROBÖSE 1996, 214).

Zudem weist er ausdrücklich daraufhin, dass ein Training im geschlossenen System früher als das rotatorische Training in das Therapiekonzept integriert werden kann, z.B. bei Bandverletzungen im Kniegelenk. Im Sinne eines funktionellen Trainings wird die schonendere Trainingsform beim linearen Training gerade in der Frührehabilitationsphase unterstrichen. Die Schwäche der Untersuchung von FREIWALD (1996) liegt allerdings darin, dass nur die gesunde Seite von Kreuzbandpatienten untersucht wurde. Wie er selber festgestellt hat (FREIWALD 1993), hemmen unter anderem sensorische Afferenzen die Kraftentwicklung auf der operierten Seite. Auf die Problematik der Übertragbarkeit von der gesunden auf die verletzte Seite weist auch PFEILSTETTER (1996) hin. Außerdem wurde nur mit einer linearen Geschwindigkeit (0,7 m/s) gemessen.

		Kniegelenk Extension 240 ^{o}/s	Hüftgelenk Extension 180 ^{o}/s	Fußgelenk Plantarflexion 120 ^{o}/s
Vortest	**x**	109,9	185,2	66,6
	s	31,5	65,2	23,0
Nachtest	**x**	118,9	219,5	83,9
	s	29,2	64,8	22,5
p-Wert		< 0,01	< 0,05	< o,oo1

Tabelle 14: Mittelwerte (x) und Standardabweichung (s) der isokinetischen Drehmomentmaxima (Nm) der Knie- und Hüftextensoren und der Plantarflexoren beim Vor- und Nachtest mit schnellen Geschwindigkeiten (240 ^{o}/s, 180 ^{o}/s, 120 ^{o}/s) beim Training in der Leg-press-Situation (FROBÖSE 1996, 214).

5.1.2 Diskussion der „LIBET“- Untersuchung aus medizinischer Sicht

Als optimale Voraussetzung für ein möglichst effektives LIBET- Training hat sich das vorherige und parallele Schulen der koordinativen Fähigkeiten (Gleichgewicht, Tiefensensibilität, Propriozeption, Bewegungsgenauigkeit usw.) erwiesen. Ideal ist die objektivierbare Bio-Feedback-Situation mit visueller Kontrolle der zeitgleichen Kraftkurvendarstellung auf dem Bildschirm. Im Sinne der Frührehabilitation sollte möglichst früh ein funktionelles, schmerzfreies Training v.a. der atrophierten Kniestrecker mit gut tolerierbaren Kraftintensitäten und möglichst hohem Trainingsumfang durchgeführt werden. Durch die funktionell geringe Belastung eines Gelenks durch Training im geschlossenen System ist die neuromuskuläre Inhibition sehr gering (KIBELE et al 1992). Besonders zu erwähnen ist die Hinführung des Patienten zum Maximal-krafttraining. Wenn der Patient mit dem isokinetischen Training beginnt, steht zunächst die Gewöhnung des Gelenks an die Funktionsweise des BAG® im Vordergrund. Erst wenn das operierte Knie allmählich ansteigende Belastungen gut toleriert, kommt man in der Endphase zum Training der Maximalkraft. Von besonderem Vorteil ist die relativ frühe Durchführbarkeit von Maximalkraftmessungen unter rehabilitativen Gesichtspunkten. Trotzdem müssen v.a. Reizzustände an der Transplantatentnahmestelle beachtet werden, die vergleichbare Beschwerden machen wie ein Patellaspitzensyndrom. Um das Risiko eines Maximalkrafttests kalkulieren zu können, sind Trainingserfahrungen des Therapeuten bei diesem Patienten oder vergleichbaren anderen Problempatienten notwendig. Ein großes Wissen über komplexe, rehabilitative Zusammenhänge und eine möglichst interdisziplinäre Zusammenarbeit helfen bei der Entscheidungsfindung. Bei Bedenken, z.B. unzureichender Koordination und Bewegungssteuerung bekannter posttrainingsbedingter Beschwerden (vgl. Patellaspitzensyndrom) usw. sollte auf einen Test verzichtet werden. Nach unseren Erfahrungen kann bei einem komplikationsfreien postoperativen Verlauf bereits 6 Wochen nach der Kreuzbandoperation bedenkenlos ein „LIBET“- Test durchgeführt werden. Die Verteilung der von plantar einwirkender Belastung (geschlossenes System) auf das gesamte Bein ist eine sehr schonende und natürliche Belastung. Nach unserer Erfahrung erlaubt ein Training auf einem BAG® ein früheres rehabilitatives Muskelaufbau-Training und Testen der Beinmuskulatur als das Training im offenen System. Kontrollmessungen ein Jahr nach einer Operation zeigen, dass Ergebnisse von Messungen im geschlossenen System häufig geschönte Ergebnisse

beinhalten und deshalb bezogen auf den Rehabilitationserfolg falsch interpretiert werden können (KRÖBER 1996). Oft zeigen sich beim „LIBET“ gleiche Kraftverhältnisse. Oder das betroffene Bein ist stärker als die nicht betroffene Seite geworden. Beim standardisierten Test im offenen System waren aber noch deutliche Seitenunterschiede erkennbar. Diese Phänomene erklären sich erstens durch die hohe Kompensationsfähigkeit der Kniegelenk benachbarten Muskulatur, v.a. durch die mehrwöchige Gewöhnung an das BAG®. Erstens werden bestehende Unterschiede der Kraft durch die isolierte Messung der Oberschenkelmuskulatur deutlicher dargestellt, zweitens belastet biomechanisch der Isokinetik-Test im offenen System („Curler-Test“) wesentlich mehr die Kniegelenke (u.a. FROBÖSE 1996). Durch die pathomechanische Provokation kann die Belastbarkeit eines Kniegelenks am deutlichsten mit dem allgemein bekannten konventionellen Isokinetik-Test dargestellt werden. Die künstliche und unnatürliche Belastungsform durch den ventralen Widerstand am Schienbein und die isolierte Beanspruchung der Streck- und Beugermuskulatur verleitet oft zu unrealistischer Beurteilung des Kniestatus. Wenn das Kniegelenk entsprechend belastbar ist, lassen sich optimale Aussagen durch Kombination der Testergebnisse aus beiden Tests treffen. Die im Ergebnisteil vorgestellten Werte können als Vergleichswerte für künftige Messungen dienen. Zusammengefasst sind wir in der Klinik St. Hubertus der Auffassung, dass die rehabilitativen Vorteile des Trainings im geschlossenen System in der Frühphase der Kreuzbandrehabilitation eindeutig gegenüber dem Training im offenen System überwiegen und sich optimal mit dem isokinetischen Trainings- und Testprinzip kombinieren lassen. Unserer Meinung nach war es bei einigen Patienten bereits ein hohes Risiko am Ende der Rehabilitationsmaßnahme zu testen. Im Interesse des Patienten sollten vorher keine Maximalkraftuntersuchungen durchgeführt werden. Wie bereits angesprochen, handelt es sich bei den „LIBET“- Werten nur um einmalig erhobene Testwerte an der Rehabilitationsmaßnahme. Beim Vergleich der Ergebnisse der „LIBET“- Untersuchung mit den Normwerten zeigt sich eine große Ähnlichkeit der Ergebnisse. Bei den Absolutkraftwerten der operierten Seite übertrafen die untersuchten Frauen mit durchschnittlich 5181 Nm deutlich den Normwert von 5000 Nm; bei der Relativkraft sind die Ergebnisse gleich bei 85 Nm pro kg Körpergewicht. Bei der gesunden Seite blieben mit 6329 Nm die Werte der Frauen etwas unter dem Normwert von 6600 Nm, genauso wie bei der Relativkraft mit 103 Nm im Vergleich zum Normwert von 110 Nm pro kg Körpergewicht. Bei den Männern wurden bei der operierten Seite mit 7863 Nm der Normwert von 7700 übertroffen, bei der Relativkraft war der durchschnittliche Wert mit 102 Nm nur unwesentlich über dem Normwert von 100 Nm pro kg

Körpergewicht. Wie bei den Frauen lag der Absolutkraftwert der Männer bei der gesunden Seite mit 9862 Nm unterhalb des Normwertes von 10000 Nm, bei der Relativkraft lag er mit 129 Nm nur sehr knapp unter dem Normwert von 130 Nm. Es wird betont, dass die wichtigste Überlegung bei einer solchen Messung immer ist, dass der medizinische Befund sich nicht durch ein Testverfahren verschlechtert. Das heißt Schwellungs- und Schmerzfreiheit muss vor, während und nach der Messung gegeben sein. Nach kritischer Prüfung kann ein erfahrener Therapeut dem Patienten eine solche Messung vorschlagen. Problem und Risiko einer Maximalkraftmessung, auch wenn sie isokinetisch gemessen weniger gefährlich erscheint, sind detailliert und verständlich dem Patienten mitzuteilen. Der vorab informierte Proband hat freiwillig zu entscheiden, ob er sich der Testprozedur unterziehen will, nie darf er von einem Außenstehenden dazu genötigt werden. Zusammengefasst unterscheiden sich die Ergebnisse der „LIBET“ - Werte bei den 30 Männern und bei den 12 Frauen nur geringfügig von den empirisch erhobenen Norm-Werten, die in der Klinik St. Hubertus festgestellt wurden. Das ist sicherlich nicht überraschend, da es sich bei der Studie um das übliche Patientengut in der Klinik handelt. Vielmehr bestätigen die Werte der Studie insgesamt die Gültigkeit und die hohe praktische Anwendbarkeit der vorgestellten Normwerte.

5.1.3 Diskussion der „LIBET“- Untersuchung aus pädagogischer Sicht

Genau wie bei anderen Autoren hat sich das isokinetische Training in der Rehabilitation auch aus sporttherapeutischer Sicht bewährt. In der Literatur wird die patientenfreundliche Handhabung der Geräte und der verhältnismäßig geringe Personalbedarf im Vergleich zur Krankengymnastik herausgestellt. Der spezielle sporttherapeutische Vorzug ist der Abbau der Fremdkontrolle zugunsten der Selbstkontrolle (RIEDER 1988). Hervorzuheben ist der hohe Aufforderungscharakter. Die Therapeuten müssen auf die Vermeidung von Überlastungen durch Übermotivation, speziell bei Leistungssportlern und denjenigen, die sich dafür halten, achten. Häufig können es die Patienten nicht erwarten, endlich mit dem isokinetischen Training zu beginnen. Nach einer Eingewöhnungsphase schätzten Patienten und besonders die Therapeuten, dass die Ergebnisse des Trainings objektiviert wurden. Dadurch konnte der Trainingseffekt immer dokumentiert und die Patienten, falls notwendig, zusätzlich motiviert werden. Andererseits glaubten die Patienten den Therapeuten viel mehr, wenn sie ihnen durch schlechtere Ergebnisse beim Training beweisen konnten, dass eine Reduzierung der Belastung notwendig ist, wenn das

Kniegelenk gereizt war. Zur Diskussion, ob im offenen oder geschlossenen System trainiert werden soll, ist folgendes zu sagen: Mit dem „LIBET“ ist ein standardisierter Isokinetik-Test vorgestellt worden, der dem Ruf nach schnellen, objektiven Daten gerecht wird. Bei entsprechendem Augenmaß wird der Patient erst getestet, wenn es zu verantworten ist. Es war ein Gebot auf Testwerte zu verzichten, wenn die Gefahr bestand, dass es dem Patienten danach schlechter geht. Für viele Patienten stellt eine Testung eine erhebliche Stressbelastung dar, an die der Patient heran geführt werden muss. Durch eigene Erfahrung gewinnt der Patient zunehmend Sicherheit und sollte erst dann getestet werden, wenn er sich den Test zutraut. Unser Ziel war es, dem Patienten soviel positive Eigenerfahrung zu vermitteln (z.B. durch allmähliche Anforderungssteigerungen beim Koordinationstraining), dass er wieder volles Vertrauen zu seinem Knie und zu seinem Körper fand. Wie bereits FROBÖSE (1991) erkannt hat, ist nicht nur das Kniegelenk, sondern das gesamte System Mensch durch die Verletzung und auf jeden Fall durch die Operation traumatisiert. Das Knie kann medizinisch gesehen noch so stabil und belastbar sein, wenn der Patient kein Vertrauen zu seinem ausheilenden Körper gewinnt, wird er sein Bein schonen und die Muskulatur kann sich nicht entsprechend entwickeln. Auf Grund des Schonhinkens können sich diverse Folgeprobleme durch die einseitige Überlastung ergeben. Entscheidend ist nicht nur ein Kniegelenk optimal therapieren zu wollen, sondern den Patient in seiner Ganzheit in das Zentrum der Nachbehandlungsmaßnahmen zu stellen.

5.1.4 Diskussion zu der Fragestellung 1

Auf die Fragestellung 1 bezogen kann aus empirischer Sicht der Klinik St. Hubertus gesagt werden: **Das LIBET- Training sinnvoll eingesetzt, eignet sich sehr gut zur Rehabilitation von Kreuzbandersatzplastiken.** Bei der Messung der Maximalkraft treten hohe psychische und physikalische Belastungen auf. Während der Rehamaßnahme kann eine Gefährdung der Gesundheit der Patienten nicht ausgeschlossen werden. Aus statistischer Sicht ist es zwar ein großer methodischer Nachteil. Aus ethischer Sicht musste auf eine Vorhermessung verzichtet werden. In die Untersuchung gelangten nur die 42 Patienten, welche die Belastung des LIBET- Testes gut tolerierten. Die vorgestellten Normwerte und Ergebnisse sollen als Orientierung für spätere Untersuchungen dienen.

Es wäre aus medizinisch-trainingswissenschaftlicher, als auch aus sporttherapeutisch-pädagogischer Sicht wünschenswert, wenn sich das linear-isokinetische Training in der Anschlussheilbehandlung mehr durchsetzt.

5.2 Diskussion der „ORABET“- Untersuchung

5.2.1 Bisherige Arm-Bein-Ergometer-Untersuchungen

Bisher haben sich nur wenige über die Auswirkungen eines kombinierten Trainings mit den oberen und unteren Extremitäten auf den menschlichen Organismus beschäftigt. SALTIN (1996) befasste sich nur mit Langläufern. Er bestätigt, dass die maximale Sauerstoffaufnahme bei gleichzeitiger Arbeit des Ober- und Unterkörpers deutlich gesteigert wird (SALTIN 1997, 436-443). KANG et al. (1997) untersuchten Leistungssteigerungen des Stoffwechsels bei einem Training an einem Armergometer und halbliegend auf einem Beinergometer. Die Messungen bezogen sich nur auf den separaten Einsatz der Arme oder der Beine. Er stellte fest, dass die Arbeitsleistung der Arme niedriger als die der Beine ist. HOFFMANN (1997) untersuchte die Leistungsänderung der kombinierten Arm- und Beinarbeit auf dem Bi-Bike. Dabei werden die Arme mit einer zusätzlichen Antriebseinheit auf einem konventionellen Fahrrad mittrainiert. Dieses Fahrrad beruht auf der Idee eines Radsportlers aus Kirchzarten: ULRICH ROMBACH. Eine sportmedizinische Studie in Freiburg (HOFFMANN 1997) kam zu dem Ergebnis, dass die Leistung nicht gesteigert wird. Die Gesamtleistung wird mehr oder weniger ausgeprägt auf die Arme und Beine verteilt. Durch die kurzzeitige aktive Mitarbeit der Arme gab es bei der Hälfte der Probanden eine Steigerung, bei der anderen Hälfte eine Reduzierung.

Über die physiologische Auswirkung eines kombinierten Trainings mit 3- und mehr Extremitäten auf einem Fahrradergometer finden sich nur eigene Veröffentlichungen (BLÖCHINGER 1996). Wie aus den Abbildungen 42 und 43 zu erkennen ist, ist die 2-Punkt-Belastung mit den Armen die ergonomisch ungünstigste Form, Fahrrad zu fahren. Durch den geringen dynamischen Muskelanteil steigt bei einem Stufentest das Laktat im Blut steil an. Ein aerobes Ausdauertraining ist kaum möglich. Kommt durch eine mechanische Kopplung ein Bein zur Ergometer-Arbeit hinzu (3-Punkt-Belastung), steigt das Laktat deutlich langsamer an. Das Training ist deutlich wirkungsvoller, ein aerobes Training ist möglich. Wie leistungsfähig die Beine sind, zeigt sich in der 2-Punkt-Belastung bei der konventionellen Ergometrie. Zwei Beine produzieren bei gleicher Leistung deutlich weniger Laktat als 2 Arme und ein Bein. Am effektivsten ist die 4-Punkt-Belastung (2 Arme und 2 Beine), es werden dabei die geringsten Laktatwerte gemessen und die größte Leistung realisiert.

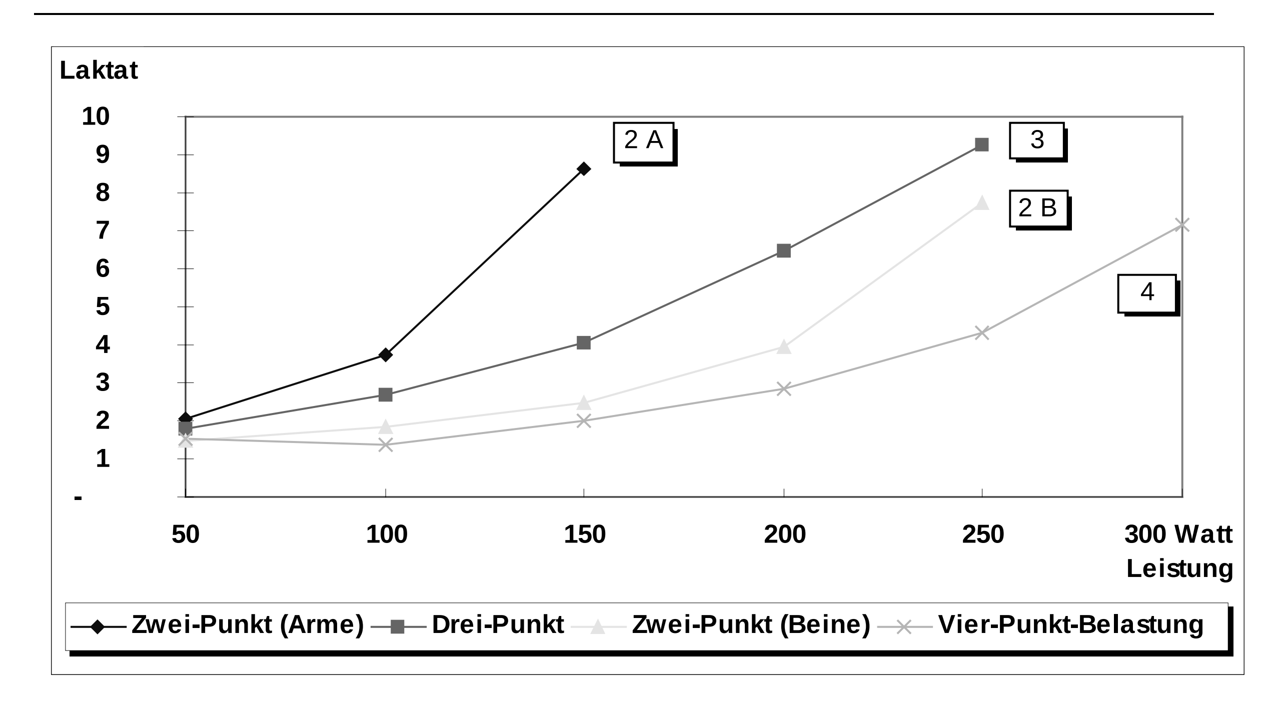


Abbildung 42: Laktat-Leistungskurven bei den verschiedenen Trainingsmöglichkeiten des Ganzkörperergometers Schwinn Air Dyne (BLÖCHINGER 1996, 17)

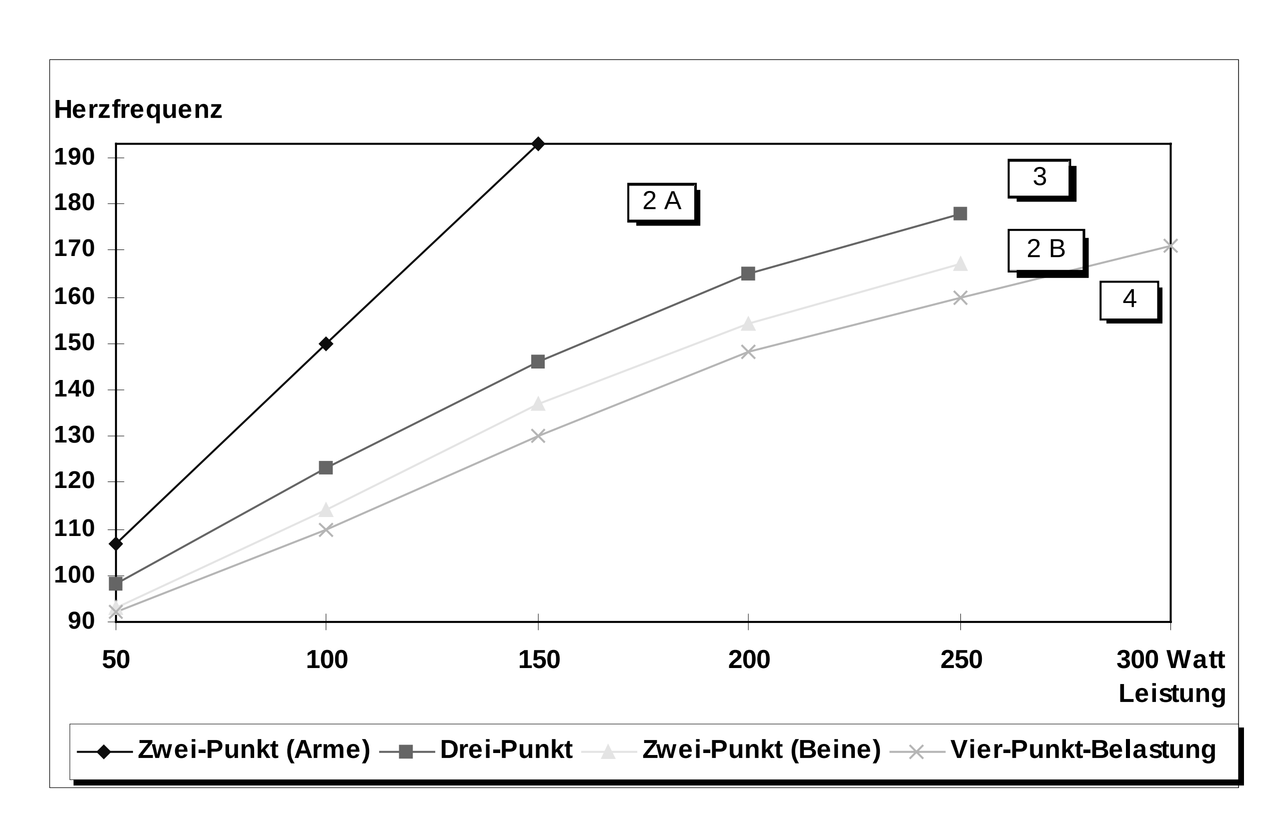


Abbildung 43: Herzfrequenz-Leistungskurven bei den verschiedenen Trainingsmöglichkeiten des Ganzkörperergometers Schwinn Air Dyne (BLÖCHINGER 1996, 17)

Belastungsform	2-Punkt (Arme)	3-Punkt (Arme+1 Bein)	2-Punkt (Beine)	4-Punkt
2 mmol Laktat /l Blut	**50**	**70**	**135**	**150**
3 mmol Laktat /l Blut	**80**	**120**	**170**	**210**
4 mmol Laktat /l Blut	**110**	**150**	**200**	**245**

Tabelle 15: Vergleich der Leistung (Watt) bei den verschiedenen Trainingsmöglichkeiten des Schwinn Air Dyne in Bezug zur Laktatstufe 2, 3 und 4 (aus: BLÖCHINGER 1996, 22)

Im Vergleich der verschiedenen Belastungsformen verhält sich die Entwicklung der Laktat-Werte ähnlich der Herzfrequenz.. Die Herzfrequenzwerte liegen, jedoch deutlich näher beieinander, als die Laktatwerte.(siehe Abbildung 37). Die zum Teil deutlichen Unterschiede zwischen den Belastungsstufen werden quantitativ in der Tabelle 10 bestätigt, wenn die bei den verschiedenen Trainingsformen realisierten Leistungswerte zu den Laktatstufen 2, 3 und 4 in Bezug gesetzt werden.

5.2.2 Diskussion der „ORABET“- Untersuchung aus medizinischer Sicht

5.2.2.1 Diskussion der Auswirkungen des „ORABET“- Trainings auf die maximale Sauerstoffaufnahme

Die Einzelergebnisse sämtlicher Versuchspersonen sind numerisch in Anhang 8.7.1 aufgelistet. Durch das „ORABET“- Training ergab sich in der Stichprobe eine Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme. Graphisch wird dies im Auswertungs-Koordinatensystem mit einer Verschiebung der Laktatleistungskurve nach rechts verdeutlicht. Die Erholungsfähigkeit steigerte sich deutlich und die Versuchsgruppe verbesserte sich bei der maximalen Sauerstoffaufnahme durchschnittlich um ca. 3,91 ml/kg/min, bei einer Streuung von 4,41 ml/kg/min (siehe Tabelle 9). Die Verbesserungen der Sauerstoffaufnahme waren in allen vier Gruppen etwa gleich. Jedoch hatte die Gruppe 1 und 2 beiderlei Geschlechts vorher lediglich Werte Untrainierter, die sich auf Werte des Fitnesszustandes verbesserten. Gruppe 3 und 4 hat sich zwar verbessert, jedoch wurden weder vorher noch nachher die Normwerte für den Fitnesszustand erreicht.
Die Ergebnisse zeigen, zu welch großen Ausdauerdefiziten es durch Immobilisation kommt und wie wichtig ein Ausdauertraining in der Rehabilitation ist.

5.2.2.1 Diskussion der Auswirkungen des „ORABET“- Trainings auf die aerobe und anaerobe Schwelle

Der Laktatwert steht in direktem Verhältnis zur Belastungsintensität. Über die Laktat-Leistungskurve und deren Verlauf sind Aussagen über den Leistungszustand des Sportlers möglich. In der Sportphysiologie gibt es verschiedene Schwellenkonzepte, nach denen man die Belastung nach ihrer Form der Energiebereitstellung einteilt. Nach KINDERMANN (1978) gibt es zwei signifikante Schwellen, welche die Laktat-Leistungskurve in drei Bereiche unterteilt:

1. **aerobe Schwelle (bei 2 mmol Laktat/l Blut):**
   Grenze der rein aeroben Energiebereitstellung. Die Atmung hat hier ihren optimalen Wirkungsgrad und die Laktatproduktion ist in Bezug zur Sauerstoffaufnahme am geringsten. Training in diesem Bereich erhält lediglich die bestehende Ausdauerleistungsfähigkeit. Unterhalb dieser Grenze sind keine Auswirkungen auf die aerobe Kapazität zu erwarten.
2. **aerob-anaerober Übergangsbereich (zwischen 2 und 4 mmol Laktat/l Blut):**
   Laktatbildung und Laktatabbau sind im Gleichgewicht, aerober und anaerober Energiestoffwechsel halten sich die Waage. Training in diesem Bereich (vor allem im Bereich der anaeroben Schwelle) ist am besten zur Verbesserung der Ausdauer geeignet.
3. **anaerobe Schwelle (bei 4 mmol Laktat/l Blut):**
   An diesem Punkt stehen Laktatbildung und Laktatelimination gerade noch im Gleichgewicht. Dieser Punkt wird auch maximales Laktat-Steady-state (MaxLass) genannt. Belastungen oberhalb dieser Grenze führen zu einem sehr steilen und kontinuierlichen Anstieg des Laktats im Blut und es kommt zu einer Übersäuerung der Muskulatur. Ein intensives Dauertraining in diesem Bereich bewirkt die stärkste Verbesserung der Dauerleistungsfähigkeit.

Die festgelegten Schwellenwerte bei 2 und 4 mmol/l sind empirisch gefundene Größen und besitzen eine sehr große Allgemeingültigkeit. Die individuellen Schwellenwerte weichen bei den Untrainierten und bei den Hochausdauertrainierten erheblich von diesen Werten ab. Untrainierte haben ihre anaerobe Schwelle meist über 4 mmol/l (bei 5-6 mmol/l), Ausdauertrainierte deutlich unterhalb (2,5 - 3 mmol/l). Eine verbesserte allgemeine Ausdauer hat zur Folge, dass sich die Laktatleistungskurve nach rechts verschiebt, d.h. bei gleichen Laktatwerten werden höhere Leistungen erzielt. Die aerobe und anaerobe Schwelle verschiebt sich somit auf eine höhere Belastungsstufe. Durch das 3-Punkt-Ausdauertraining

ergab sich in der Stichprobe eine Verschiebung der Laktatleistungskurve nach rechts. Die Werte der Laktatstufe 2 wurden nicht mit in die Auswertung aufgenommen, da diese wegen der teilweise sehr geringen Belastung nicht genau ermittelt werden können. Einige Probanden hatten bereits vor der ersten Belastungsstufe (= 50 Watt) den Wert überschritten.

Bei einer Belastung von 3mmol/l konnten die Patienten anfangs (1. LDU) ca. 116 Watt leisten. Durch das tägliche 3-Punkt-Ausdauertraining waren sie bei der zweiten leistungsdiagnostischen Untersuchung (2. LDU) in der Lage, die Leistung um etwa 20 Watt auf durchschnittlich 137 Watt zu steigern. Für die Belastungsstufe 4 mmol/l ergaben sich etwa die gleichen Veränderungen (siehe Abbildung 36 und 37). Bei den gemessenen Pulswerten auf den Belastungsstufen 3 mmol/l und 4 mmol/l konnten keine Veränderungen durch das Training festgestellt werden. Die ermittelten Werte bei der ersten und zweiten leistungsdiagnostischen Untersuchung waren jeweils gleich mit fast identischer Streuung.

5.2.2.2 Auswirkungen des „ORABET“- Trainings auf die Laktat- und Herzfrequenzleistungskurven

Alle Leistungsgruppen verbesserten sich deutlich und in etwa demselben Ausmaß. Dies zeigt wiederum, dass es sich bei dem „ORABET“- Ausdauertraining um ein effektives Mittel zur Verbesserung der Ausdauer und Leistungsfähigkeit in der Rehabilitation handelt. Bei den Herzfrequenzen lassen sich keine Verbesserungen bzw. Verschlechterungen erkennen (siehe Abbildung 37). Dies ist nicht besonders verwunderlich, da es erst nach Jahren systematisch ausgeführten Ausdauertraining zu Anpassungserscheinungen des Herz-Kreislaufsystems kommt.

5.2.3 Diskussion zu der Fragestellung 2

Auf Grund der obigen Ergebnissen lässt sich zum „ORABET“- Training feststellen:

Durch ein orthopädisch-rehabilitatives Bein-Ergometer-Training („ORABET“), in Form eines 45minütigen Grundlagenausdauertraining, mit der gewählten Belastung von 3 mmol/l Laktat während des Rehabilitationsaufenthalts, 5 mal in der Woche durchgeführt, wird ein hoher Trainingserfolg bezüglich der Ausdauer erzielt.

Wegen der geringen Patientenzahl und der fehlenden Kontrollgruppe kann dies nicht statistisch durch Signifikanzberechnungen überprüft werden.

5.3 Diskussion der Untersuchung zur Befindlichkeit

Als zentrales Motiv des Sporttreibens gilt das „Sich-gut-Fühlen“, also subjektives Wohlbefinden, und „Gesundheit“, die eng verbunden und teilweise identisch mit Wohlbefinden sind. Vom Sport wird behauptet, dass er sich auf das allgemeine Wohlbefinden (psychische Stabilität und Persönlichkeit) positiv auswirkt.

Nach GRUPE ist Wohlbefinden kein Ziel, das direkt angestrebt werden kann, sondern es stellt sich vielmehr bei anderen Handlungen und Tätigkeiten ein. Sport ist dabei eine Tätigkeit, die Gelegenheit bietet, ein kurz- und langfristiges Wohlbefinden aufzubauen. Dies liegt darin begründet, dass Sport ständig neue einzigartige, aber zugleich auch wiederholbare Erfahrungen und Handlungen liefert, die einen Beitrag zum Wohlbefinden leisten. Bewegung und Sport liefern körperliche Erfahrungen wie Anstrengung, Ermüdung und Entspannung nach Anstrengungen. Sport bietet aber auch die Möglichkeit, Eigenschaften und Qualitäten von Materialien, wie zum Beispiel die des Wassers, neu zu entdecken, und die Natur zu erleben. Zu seinen besonderen Möglichkeiten gehören die Vermittlung sozialer Erfahrungen und das Angebot an Gelegenheiten zu sozialen Kontakten und zu Interaktionen. Sich auseinandersetzen, gewinnen und verlieren, gemeinsam etwas tun, sich helfen, Freunde finden, wissen, wohin man gehen kann, wo man aufgehoben ist. Das alles ist ein Stück sozialen Lebens, an dem man freiwillig und ungezwungen teilnimmt“ (GRUPE 1982, 203f). Ein weiterer Grund für Befindlichkeitsveränderung durch Sport sind die Erfahrungen im Sport, die immer Erfahrungen mit uns selbst sind. Dies sind Erlebnisse des Könnens und Versagens, des Siegens und Verlierens, von Spannung und Entspannung, von Möglichkeiten und Grenzen, von Autonomie, aber auch von Abhängigkeit. Im Sport ergeben sich damit Möglichkeiten der Selbsterprobung und Selbstbestätigung und damit auch Möglichkeiten zur „Ich-Stärkung“.

5.3.1 Bisherige Studien zur Befindlichkeit

Für die Auswirkungen von Bewegung und Sport lassen sich nach ABELE/BREHM (1984, 252) zwei Hypothesen aufstellen:

- **Befindlichkeitshypothese**:

Im und durch Sport wird aktuell das momentane Wohlbefinden gesteigert und das Missbefinden vermindert.

- **Veränderungshypothese**:

Durch regelmäßiges Sporttreiben ergeben sich längerfristige, überdauernde und positive Wirkungen auf die Befindlichkeit.

ABELE/BREHM (1984, 254) untersuchten zu diesen Hypothesen entsprechende Praxisbücher und haben dabei die Ergebnisse in folgende Thesen zusammengefasst:
In den traditionellen und wettkampforientierten Sportarten wird hauptsächlich die längerfristige psychische Stabilisierung und Persönlichkeitsentwicklung gefördert. In den kreativen Bewegungsbereichen, vor allem in den tänzerischen, werden sowohl längerfristige Persönlichkeits- und Einstellungsveränderungen als auch eine aktuelle Änderung der Befindlichkeit, die vor allem aus der Zentrierung auf den Körper und den Rhythmus sowie aus der Intensität der Bewegungen resultieren, erwartet. In den Massenbewegungen (Jogging, Aerobic,...) haben kurzfristige positive Befindlichkeitsveränderungen und längerfristige psychische Stabilisierungen zentrale Bedeutungen.
ABELE/BREHM stellten sich in eigenen Untersuchungen die Frage, welche Bedingungen des Handelns im Sport Auswirkungen auf die Befindlichkeit haben. Da es beim Sport um eine spezielle Form des Handelns, also eine Interaktion zwischen „Person“ und „Umwelt“, geht, erstellten sie ein Modell mit verschiedenen Variablen sportlicher Situationen (siehe Abbildung 61).
Zu erklären sind in der Phase des Sporttreibens (t_1 ... t_i) die personellen Variablen. Sie werden in „Verhalten“, „Erleben“ und „Beanspruchung“ aufgeteilt, wobei sich „Verhalten“ auf die beobachtbaren Aktivitäten, „Erleben“ auf die subjektiven Erfahrungen des Sportlers und „Beanspruchung“ auf die physischen und kognitiven Faktoren des Sporttreibens bezieht.
Aus diesem Modell griffen ABELE/BREHM einige Variablen-Bereiche heraus und analysierten ihren Einfluss auf die Befindlichkeit. Sie kamen zu folgenden Ergebnissen:

- Sporttreiben hat generell eine positive Stimmungsveränderung zur Folge (Auswirkungen vor allem auf Aktiviertheit, gehobene Stimmung, Besinnlichkeit, Ruhe, Deprimiertheit, kein oder wenig Einfluss auf Ärger, Erregtheit und Energielosigkeit).
- Das emotionale Ausgangsniveau beeinflusst die Befindlichkeitsveränderung nur gering.
- Positives Erleben der Sportsituation steigert die Befindlichkeitsverbesserung.
- Zufriedenheit mit sich selbst ist für die Befindlichkeitsveränderung wichtiger als die Zufriedenheit mit dem Unterricht, dem Leiter/in oder den anderen Teilnehmern/Innen.
- Stunden mit relativ hoher physischer Belastung führen zu stärkeren Befindlichkeitsveränderungen als Stunden mit relativ niedriger Belastung.

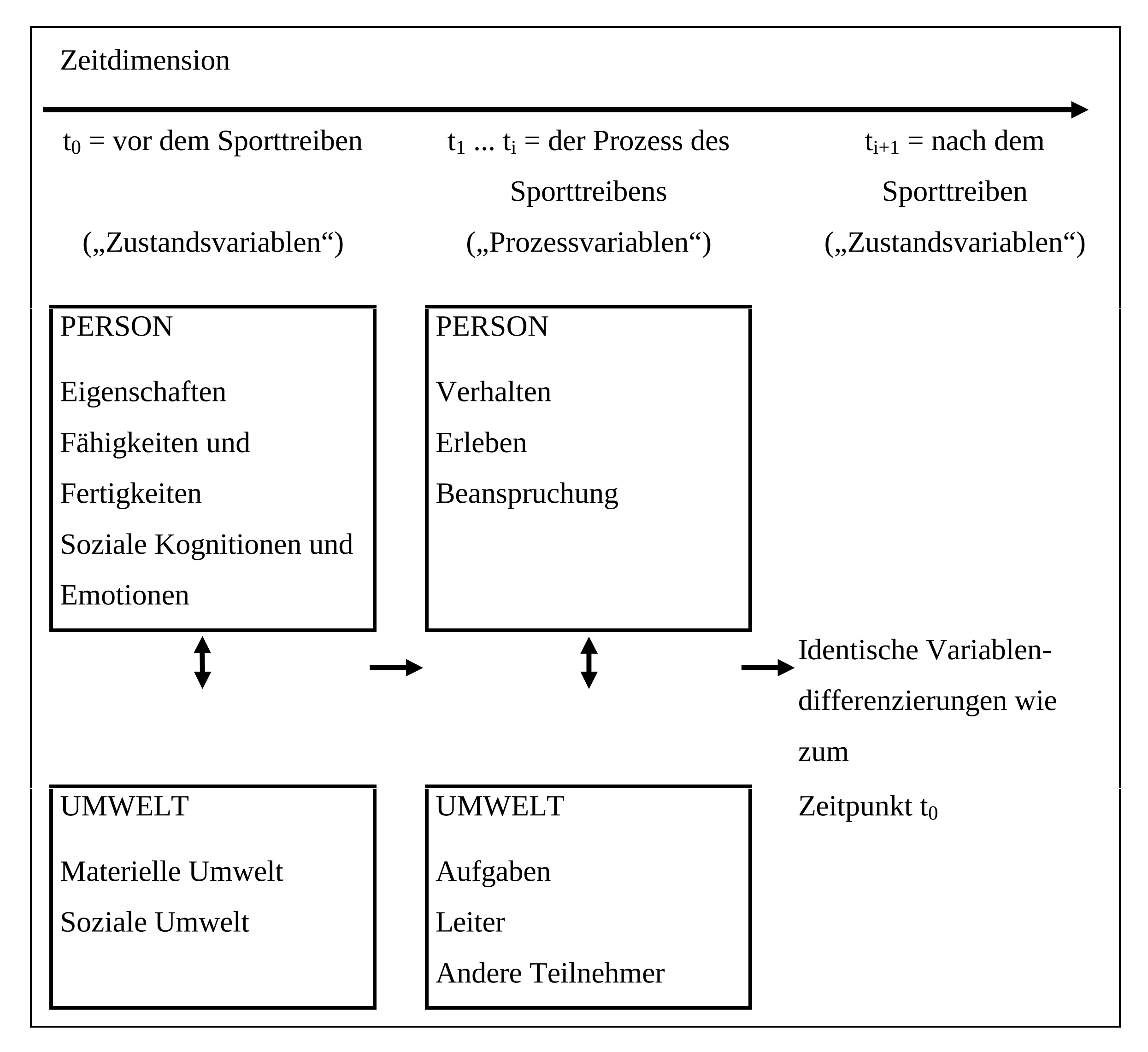


Abbildung 48: Modell von Variablen sportlicher Situationen (aus: ABELE/BREHM 1986, 290)

CHRISTEN et al. (1987) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass eine dreimonatige Ausdauertrainingsperiode (Lauftraining) deutliche Verbesserungen der Gesamtbefindlichkeit bewirkte. Hauptsächlich Abnahmen wurden in den negativen Befindlichkeitsbereichen festgestellt. Eine Zunahme der positiven Befindlichkeit war jeweils nach dem Training zu registrieren. Unterschiede zwischen Frauen und Männern bestanden dabei nicht. Niedrige und mittlere Ausgangswerte der Befindlichkeit führten zu stärkeren Veränderungen als ein hohes Ausgangsniveau.

BIRKNER/HACKFORT (1995) führten Befindlichkeitsmessungen bei einem Aquajogging-Training in der Rehabilitation durch. Sie stellten signifikante Verringerungen bei den Befindlichkeitsdimensionen des Ärgers, der Depression, der Nervosität und eine sehr signifikante Erhöhung der gehobenen Stimmung fest.

YALDAI/TROWITZSCH (1995) untersuchten mit Hilfe der Befindlichkeitsskalen (BFS) von ABELE/BREHM (1984) Befindlichkeitsveränderungen von sporttreibenden und nichtsporttreibenden Patienten nach einem vierwöchigen Heilverfahren in einer Rehabilitationsklinik. Bei der Eingangsuntersuchung zeigten sich keine Unterschiede zwischen Männern und Frauen. Signifikante Differenzen zwischen Sportlern und Nichtsportlern gab es nur in der Skala „Deprimiertheit“. Die niedrigeren Werte bei den Nichtsportlern interpretierten die Autoren durch die anscheinend depressivere Reaktion der Sportler auf die Bewegungseinschränkungen. Zwischen den zwei Messzeitpunkten im Abstand von vier Wochen zeigten sich hochsignifikante positive Veränderungen in den Skalen „Ärger“, „Erregtheit“, „Deprimiertheit“ und „Energielosigkeit“. Die Gruppe der Sportler erreichte hier in fast allen Skalen der Befindlichkeit, außer bei „Besinnlichkeit“ und „Energielosigkeit“, signifikante Verbesserungen, die Gruppe der Nichtsportler erzielte in den negativen Bereichen der Befindlichkeit signifikant niedrigere Werte. WYDRA (1994) weist auf fehlende korrelative Beziehungen zwischen physiologischen und psychologischen Parametern hin, die aber nicht dazu führen sollen einen Parameter wegfallen zu lassen, sondern künftig zusätzliche Faktoren in das Untersuchungsdesign einzubauen.

5.3.2 Diskussion zu der Fragestellung 3

Die Untersuchungen der Fragestellung 3 ergaben erhebliche Verbesserungen in Ausdauer und Befindlichkeit durch die Einwirkung der unabhängigen Variable (= „ORABET“-Training). Deshalb kann ein Zusammenhang zwischen den beiden abhängigen Variablen „Grundlagenausdauer“ und „Befindlichkeit“ angenommen werden. Die berechneten Kontingenzkoeffizienten zeigen einen sehr geringen linearen Zusammenhang zwischen der Verbesserung der Ausdauer und der Verbesserung der Befindlichkeit. Die Verbesserung der Befindlichkeit im Rahmen dieser Studie kann nicht nur auf das „ORABET“- Training zurückgeführt werden. Viele andere Faktoren der Rehabilitation müssen hier mit eingewirkt haben. Sicherlich ist die Folgerung zulässig, dass die Verbesserung der Befindlichkeit zum großen Teil auf die Wirkung des „ORABET“- Trainings zurückzuführen ist. Zum einen wird die Grundlagenausdauer verbessert. Durch eine erhöhte Belastungsverträglichkeit und Regenerationsfähigkeit hilft die Grundlagenausdauer beim Abbau von Koordinations-, Beweglichkeits- und Kraftdefiziten. Dies trägt zur Zufriedenheit und einem verbesserten Befinden der Patienten bei. Zum anderen ermöglicht das „ORABET“- Training einen sehr frühen Zeitpunkt ohne Schmerzen Rad zufahren, das sich ebenfalls positiv auf die Befindlichkeit auswirkt. Die festgestellten

Befindlichkeitsverbesserungen bestätigen frühere Untersuchungen über Auswirkungen von Ausdauertraining und sportlichen Betätigungen auf die Befindlichkeit (WYDRA 1984). Aus Tabelle 12 und Abbildung 41 lassen sich markante Veränderungen durch das „ORABET“-Training in allen Subskalen der Befindlichkeit ablesen. Mit „Aktiviertheit“ - „Energielosigkeit“ (Dimension: Spannung - Lösung) und „Ärger“ - „Ruhe“ (Dimension: Negativität - Positivität) sind die repräsentativen Aspekte der zwei-faktoriellen Grundstruktur von Befindlichkeit erfasst. In dieser Untersuchung ergaben sich sehr große Auswirkungen auf die Spannungsdimension und geringere Auswirkungen auf die Dimension Negativität - Positivität. Die oben erwähnten Untersuchungen stellten bei sportlichen Betätigungen und Ausdauertraining genau umgekehrte Effekte auf die beiden Befindlichkeitsdimensionen fest. Die größeren Auswirkungen auf die Spannungsdimension („Energielosigkeit“ und „Aktiviertheit“) in dieser Untersuchung lassen sich dadurch erklären, dass die Probanden durch ihre schwere Verletzung dazu gezwungen wurden, entgegen ihren Gewohnheiten inaktiv und energielos zu sein. Die Autoren anderer Untersuchungen haben festgestellt, dass sich positive Befindlichkeiten leichter fördern lassen als negative zu reduzieren sind. Dies ließ sich nicht bestätigen. Gerade die Auswirkungen auf die negativen Befindlichkeiten waren besonders deutlich. Sie haben sich fast vollständig reduziert.
Zusammengefasst lässt sich die Fragestellung 3 so beantworten:
Das ORABET- Training wirkt sich grundsätzlich positiv auf die Befindlichkeit der Patienten aus. Es muss jedoch darauf hingewiesen, dass es sich hier um einen vorexperimentellen Versuchsplan handelt und dass somit nicht festgestellt werden kann, ob allein das „ORABET“- Training für die Befindlichkeitsveränderungen verantwortlich ist. Es wirken der allgemeine Heilungsprozess, das gesamte Rehabilitationsprogramm und viele andere Faktoren auf die globale Befindlichkeit der Patienten ein. Sicherlich beeinflusst das „ORABET“- Training die positiven Befindenszustände wie Aktiviertheit und Ruhe und besonders die negativen Befindenszustände wie Energielosigkeit und Ärger. Dadurch wird die Wirksamkeit der Rehabilitationsmaßnahme deutlich verbessert. Vor allem die negativen Befindenszustände stellen sich im Laufe einer Verletzung und/oder nach einer Operation gehäuft ein. Besonders sportlich Ambitionierte, wie ein Großteil der Patienten dieser Studie, haben mit Ärger, Depression und Energielosigkeit zu kämpfen, wenn es ihnen verletzungsbedingt nicht mehr möglich ist, ihren gewohnten sportlichen Tätigkeiten nachzugehen. Deshalb ist es wichtig, den Patienten möglichst schnell wieder die Möglichkeit zu geben zu trainieren und sich sportlich zu betätigen. Dies wird durch das „ORABET“- Training am Ganzkörperergometer ermöglicht.

5.4 Diskussion aus pädagogischer Sicht

5.4.1 Diskussion der Ergebnisse aus sporttherapeutisch-pädagogischer Sicht

Gestützt auf die Empowerment-Theorie gibt es eine Untersuchung zu Rollstuhlfahrern. HUTZLER (1987) beschreibt wie durch Optimierung der äußeren, auch die inneren Ressourcen speziell bei Rollstuhlfahrern verbessert werden konnten. Durch technische Spezifikationen an den Rollstühlen konnten die Fertigkeiten beim Rollstuhltennis optimiert werden. Durch ihre Wechselbeziehung können die inneren Ressourcen (z.B. das Selbstwertgefühl) durch eine Optimierung der äußeren Ressourcen, entscheidend positiv beeinflusst werden. Durch eine technische Veränderung am Rollstuhl konnte wieder in alternativer Form Tennis gespielt werden (Rollstuhltennis). Es ist leicht nachvollziehbar, dass dies unter anderem das Selbstbewusstsein förderte. Durch den Einsatz des ORABET- und des LIBET-Trainings wurde versucht die technische Voraussetzung zu erbringen, um ein Ausdauer- bzw. Krafttrainingsgerät den Bedürfnissen der Kreuzbandpatienten anzupassen. Es wird nicht überraschen, wenn durch diese Optimierung einer äußeren Ressource, die inneren ebenfalls positiv beeinflusst werden.

In der Literatur sind erhebliche Zuwachsraten im Ausdauerbereich durch Training zu finden (PITTROFF/BÖSE/WYDRA 1988). Bei einer entsprechenden Konzeptionierung können pädagogische Inhalte mit einfließen. Die Selbststeuerung der Belastungsintensitäten kann durch Training optimiert werden. Das Basiswissen zu Ausdauertraining lässt sich signifikant verbessern. Inzwischen ist ausreichend nachgewiesen, dass Ausdauertraining nicht nur die medizinischen Parameter, sondern u.a. auch das Befinden verbessert (ABELE/BREHM 1991, CHRISTEN et al. 1987, YALDAI 1995).

Dass es in dieser Untersuchung keinen nennenswerten Zusammenhang zwischen der Veränderung der Befindlichkeit und einer Verbesserung der Grundlagenausdauer gibt, hat statistische Gründe. Für das Fehlen einer Kontrollgruppe ist die Stichprobe mit 42 Patienten zu klein. Damit pädagogisch relevante Veränderungen in der statistischen Auswertung entsprechend zum Ausdruck kommen können sind Untersuchungen mit einer wesentlich höheren Probandenzahl notwendig.

5.4.2 Diskussion zur Umsetzung pädagogischer Ziele

Die pädagogischen Zielen der Sporttherapie (nach RIEDER 1988 / vgl. Seite 10) wurden in folgender Weise umgesetzt:

Gesundheitserziehung wurde durch ein immer neu aktualisiertes Sportprogramm attraktiv gemacht. Im Sommer wurde der Tegernsee für Wassergymnastik, die bergige Umgebung zum Mountain Bike fahren und die freie Wiese sportartspezifisch für Fußball, Volleyball usw. genutzt. Im Winter standen die Möglichkeiten eines Schwimmbades, eines eigenen Bewegungsbades für Aquajogging und die nahen Berge für Wintersportarten zur Verfügung. Nachdem die Kreuzbandverletzten meist sehr sportlich sind, war es ein leichtes die erworbene Gesundheitskompetenz zu Hause weiter zu führen. Die Ergebnisse der sporttherapeutischen Untersuchungen ORABET und LIBET, RPE-Werte usw. wurden anfangs festgehalten. Somit konnten motivierende Anfangserfolge dokumentiert und besprochen werden. Es kam täglich zu bestätigenden Einsichten bei Patienten, wenn eigenes Empfinden (z.B. BORG-Skala) mit den objektiven Vorgaben übereinstimmte (z.B. Laktat, Herzfrequenz). In Einzelfällen gab es negative Bestätigung bei den Patienten die sich nicht an die Vorgaben der Therapeuten hielten. Zum Beispiel hatte sich ein Skifahrer des A-Kaders zum Abschlusstest verschlechtert. Auf sein Drängen wurde im erlaubt, alleine Mountain Bike zu fahren. Die gespeicherten Herzfrequenzwerte zeigten, dass er mit zu hoher Intensität trainierte. Die Warnungen des Therapeuten wurden in den Wind geschlagen, der abschließende ORABET-Retest ergab höhere Herzfrequenz- und Laktatwerte, im Sinne eines Übertrainings.

Auf Wunsch wurde eine Weiterbehandlung nach dem Klinikaufenthalt organisiert. Adressen von weiterbehandelnden Therapeuten in der Nähe des Wohnortes wurden weitergegeben und ein therapeutischer Abschlußbericht mitgegeben. Durch vertraut machen mit der BORG-Skala wurde ein Mittel zur Selbstkontrolle geschult. Mit den Laktatmessungen, als Parameter der Wahl (WYDRA 1994), konnten präzise Trainingspuls-Empfehlungen zur Trainingssteuerung nach Hause mitgegeben werden.

Die Steigerung von Fähigkeiten und Fertigkeiten, sowie der Selbsteinschätzung und Selbstverantwortung konnten ebenfalls durch die gemessenen Daten subjektiv und objektiv kenntlich gemacht werden. Die Patienten lernten noch in der Klinik ihr Training selbst zu reflektieren und daraus die entsprechenden Konsequenzen zu ziehen.

Der positive Umgang miteinander zeigte sich in der täglichen Praxis. Die Patienten der Abteilung Sportrehabilitation pflegten einen engen soziale Kontakt untereinander. Sie

trainierten miteinander, halfen sich gegenseitig die Geräte einzustellen, aßen am gleichen Tisch und machten in der Freizeit gemeinsame Unternehmungen, wie in einer Clique. Die Verbundenheit zu der Abteilung und ihren Patienten kam auch durch das Tragen des Sportreha-T-Shirts zum Ausdruck. Das käuflich erworbene Kleidungsstück wurde während und nach dem Klinikaufenthalt getragen. Die Patienten organisierten in München einen Sportreha-Stammtisch, bei dem sie sich regelmäßig treffen und austauschen. Hin und wieder kam auch ein Therapeut der Einladung nach. Die Interaktionen die in der Klinik initialisiert wurden überraschten die Therapeuten und das Personal immer wieder.

Das Gefühl von Bewegungsrhythmus, von dynamischer Leichtigkeit und spielerischen Tuns stellte sich in formeller Weise bei dem ORABET-Training ein. Erreicht wurde dies durch den zyklischen, gleichmäßige runden Bewegungsablauf, unter Benutzung des gesamten Körpers bei der gekoppelten Arm- und Beinbewegung.

Auf formelle Weise wurde das Erreichen einer „flow experience“ unterstützt durch die Balance der externen Leistungsanforderung zu den internen Fähigkeiten. Die Herausforderung, 45 Minuten auf dem Ganzkörperergometer angenehm trainieren zu können, wurde durch die individuelle Watt-Vorgabe an Hand der 3 mmol Laktatwerte ermöglicht.

Die aufgeführten Punkte sollen unterstreichen, dass es für die Therapeuten ein tägliches Ansinnen war, bei der Rehabilitation ganzheitlich und sporttherapeutisch - pädagogisch mit den Patienten zusammenzuarbeiten.

6 Zusammenfassung

6.1 Zusammenfassung aus medizinischer Sichtweise

Eine stationäre Rehabilitationsmaßnahme sollte operierten Patienten helfen, möglichst schnell und effektiv ihr individuelles Therapieziel zu erreichen. Zu diesem Zweck wurden für die Patienten nach arthroskopischem Ersatz des vorderen Kreuzbandes durch das mittlere Patellarsehnendrittel in der Abteilung Sportrehabilitation der Klinik St. Hubertus in Bad Wiessee verschiedene Innovationen realisiert. Mit dem linear-isokinetischen Bein-Extensions-Training („LIBET“) kann den Patienten 4 Wochen nach der Operation ein sicheres und effektives Training ermöglicht werden. Das eingesetzte Ganzkörperergometer bietet den Vorteil, trotz einer Verletzung bzw. Operation an einer unteren Extremität ein frühzeitiges und effektives Ausdauertraining in Form eines orthopädisch - rehabilitativen Arm-Bein-Ergometer-Trainings („ORABET“) durchführen zu können. Den Organismus sofort wieder effektiv trainieren zu können, bewirkt gerade bei operierten Sportlern eine erhebliche Stabilisierung der Herz-Kreislaufparameter. Diese wurden durch spezielle Untersuchungsverfahren objektiviert und ausgewertet.

Im ersten Teil der Arbeit werden neben theoretischen Grundlagen das Beinarbeitsgerät Wolf – BAG® vorgestellt. Durch einen neuen Standardtest wurden dynamisch mit verschiedenen Geschwindigkeiten lineare isokinetische Kraftmomente gemessen. Für die Vergleichbarkeit und die Einschätzung der erzeugten Werte sind Messungen mit dem aktuell möglichen maximalen Krafteinsatz sinnvoll. Wegen der hohen mechanischen Belastung wurden Maximalkraftmessungen nur am Ende der Rehabilitationsmaßnahme durchgeführt. Die gewonnenen Werte dienten als abschließende Untersuchung der maximalen Kraftfähigkeiten zehn (± 1) Wochen nach dem operativen Eingriff. Andere Anwender oder spätere Untersuchungen können diese als Werte zur Orientierung verwenden.

Im zweiten Teil werden die Besonderheiten des Ganzkörperergometers Schwinn Air Dyne® und dessen Anwendungsmöglichkeiten in der Rehabilitation vorgestellt. Bisher konnte bei der Rehabilitation von Sportlern nicht verhindert werden, dass nach Kreuzband-Operationen ihre Kondition um so mehr verloren ging, je länger sie brauchten, bis ihre verletzten Beine wieder belastbar waren. In der Regel war in der Frührehabilitation nach Ersatz des vorderen Kreuzbandes kein effektives Ausdauertraining möglich.

Bei der vorgestellten „Drei-Punkt-Belastung“ werden beide Arme mit dem gesunden Bein mechanisch gekoppelt. Das operierte Bein wird auf einer Fußstütze abgestellt und dadurch nicht aktiv belastet. Ein effektives Herz-Kreislauftraining ist nunmehr möglich.

Im dritten Teil werden die Ergebnisse des Grundlagenausdauertraining in einer Studie in Bezug auf die Veränderung der Befindlichkeit erörtert. An den Untersuchungen nahmen 42 Patienten nach einer vorderen Kreuzbandruptur teil. In einer arthroskopisch durchgeführten Kreuzbandoperation wurden die gerissenen Kreuzbänder ausschließlich mit einem isolateralen, autologen, mittleren Patellarsehnendrittel- Transplantat ersetzt.

Das Rehabilitationsprogramm beinhaltete ein tägliches lineares, isokinetisches Training und ein 45-minütiges Grundlagenausdauertraining bei einer Belastungsintensität, die der individuellen 3 mmol Laktat-Belastung entsprach. Durch den Einsatz von Tretarmverkürzungen konnte trotz postoperativ bedingter Beweglichkeitseinschränkungen schrittweise das sowohl orthopädisch, als auch internistisch wertvolle Ergometertraining realisiert werden. Bei den leistungsdiagnostischen Stufenmessungen wurde das operierte Bein nicht belastet, somit konnte eine Laktat-Leistungskurve auch zu Beginn und am Ende des sechs(±1)-wöchigen stationären Aufenthalts erstellt werden. Durch das „ORABET“- Training ergab sich eine deutliche Steigerung der Grundlagenausdauer, verifiziert durch eine höhere maximale Sauerstoffaufnahme, eine Steigerung der Herz-Kreislauf-Leistungsfähigkeit durch Rechtsverschiebung in der Laktatleistungskurve und eine schnellere Erholungsfähigkeit. Sicherlich wurden die zum Teil extremen Verbesserungen begünstigt durch die zum Beginn der Rehabilitation vorliegende überproportionale Verschlechterung der Leistungsfähigkeit durch die ungewohnte Ruhigstellung des Gesamtorganismus. Bewegungsmangelsyndrome, die vor allem bei sehr trainierten Sportlern durch plötzliche und wochenlange Immobilisation auftreten können, können heute vermieden werden. Der Wert des „ORABET“- Trainings zeigt sich in der frühestmöglichen Realisierung eines effektiven Ergometertrainings und der Erhaltung und Verbesserung aller konditionellen Fähigkeiten.

6.2 Zusammenfassung aus pädagogischer Sichtweise

Die Effektivität von Rehabilitationsmaßnahmen durch Innovationen zu steigern und zu dokumentieren, reichen bei einer ganzheitlichen Betrachtung des Patienten nicht aus. Verbesserungen im trainingswissenschaftlichen oder medizinisch-naturwissenschaftlichen Bereich haben sicherlich positive Auswirkungen auf das Wohlbefinden des Patienten. Um der Komplexität eines Menschen besser gerecht zu werden, sind subjektive Aspekte zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde das Testverfahren zur Befindlichkeit von ABELE/ BREHM (1984) eingesetzt. Die durchgeführten Befindlichkeitstests zeigten deutliche Veränderungen in allen Befindlich-keitsbereichen. Die Befindlichkeitsdimensionen „Ärger“ und Energielosigkeit“ reduzierten sich fast vollständig und die positiven Befindlichkeitsbereiche „Aktiviertheit“ und Ruhe“ erhöhten sich. Die Auswirkungen fielen bei der Spannungsdimension (Aktiviertheit – Energielosigkeit) besonders deutlich aus. Das frühzeitige Training auf dem Ganzkörperergo-meter gab den sportlich ambitionierten Patienten schnell wieder die Möglichkeit, sich effektiv zu belasten. Dadurch ließen sich postoperativ bedingte Zustände wie Ärger, Depression und Energielosigkeit verringern und somit das Gesamtbefinden der Patienten steigern.

Durch Korrelationsuntersuchungen erwies sich die subjektive Belastungseinschätzung als brauchbares Mittel zur Belastungssteuerung. Die Verwendung der BORG-Skala ergänzt pädagogisch wertvoll die medizinischen Kontrollinstrumente in der Rehabilitation. Zusätzlich zu Herzfrequenz- und Laktatwerten hilft es vor allem in der Frührehabilitation gefährliche Anstrengungen zu vermeiden. Durch die Schulung der Selbsteinschätzung reduziert sich die Gefahr der Überlastung und des Übertrainings. Die Untersuchungen ergaben, dass es keinen nennenswerten Zusammenhang zwischen der Veränderung der Befindlichkeit und der Verbesserung der Grundlagenausdauer gibt. Um die Gründe und Ursachen der Veränderung der Befindlichkeit zu erfahren, bedarf es mehr und weitergehender Untersuchungen.

Die pädagogischen Ziele der Sporttherapie wurden weitestgehend umgesetzt. Speziell auf dem Gebiet der personellen Ressourcen sind die Gesundheit steigernde Effekte schwer in Zahlen zu bestimmen. Die konstitutionellen Ressourcen wurden im Bereich der psychischen Faktoren durch Messungen der Befindlichkeit und des subjektiven Anstrengungsempfinden erfasst. Im physischen Bereich wurden Kraft- und Ausdauerparameter erhoben.

Neben den objektiven, wurden subjektive Effekte beobachtet und beachtet. Kontrollierte Messungen und Studien sind künftig nötig, um die Rehabilitation bezüglich ihrer physischen und auch psychischen Effekte zu optimieren.

Aus sporttherapeutischer Sicht erwies sich das Rehabilitationsprogramm als sehr hilfreich, da sich neben den trainingswissenschaftlichen Verbesserungen auch die subjektiven Parameter verbessern. Gerade bei den sportlichen Kreuzbandpatienten, die besonders unter dem postoperativen Bewegungsmangel leiden, führt eine frühestmögliche Mobilisation durch das „ORABET“- Training zur Steigerung des Wohlbefindens und der Gesundheit.

7 Literaturverzeichnis

ABELE A., BECKER P. (HRSG.):
Wohlbefinden: Theorie - Empirie - Diagnostik. Juventa-Verlag, Weinheim-München 1991

ABELE A., BREHM W.:
Befindlichkeitsveränderungen im Sport. Hypothesen, Modellbildung und empirische Befunde. Sportwissenschaft 14 (1984) 252-275

ABELE A., BREHM W.:
Befindlichkeitsveränderungen im Sport. Sportwissenschaft 16 (1986) 288-302

ABELE A., BREHM W.:
Zur Konzeptualisierung und Messung von Befindlichkeit. Diagnostica 32 (1986) 209-222

ABELE A., BREHM W., GALL T.:
Sportliche Aktivität und Wohlbefinden.
IN: ABELE A. BECKER P (HRSG).:
Wohlbefinden: Theorie - Empirie - Diagnostik. Juventa-Verlag, Weinheim-München 1991

ANDREWS F., WITHNEY M., STEPHEN B.:
Social indicators of well-being-Americans perceptions of life quality. New York 1976

ANTONOVSKY A.:
Unravelling the mystery of health. San Francisco 1987

ANTONOVSKY A.:
Salutogenese - Zur Entmystifizierung der Gesundheit. DGVT-Verlag, Tübingen 1997

BANZER W.:

Subjektive Faktoren der Belastungssteuerung im Ausdauersport - Training und Gesundheit im Blickfeld von Medizin und Psychologie
IN: BINNEWEIS H., DESSAU J., THIEME B.:
Freizeit und Breitensport - Ergebnisse des Symposiums vom 12. bis 14. 5. 1988 in Berlin1989[1]

BEITRAT H., SCHOTT N., WESSINGHAGE TH.:
Der Einfluß eines herzfrequenzkontrollierten Laufseminars auf das Belastungsempfinden. Gesundheitssport und Sporttherapie 15 (1999) 13-15

BIEDERT R.M., MÜLLER W., LOBENHOFFER P., LATTERMANN C., STAUFFER E., ZWICK E.B.:
Sensomotorische Funktion des Kniegelenkes. Sportorthopädie-Sporttraumatologie 14 (1998) 186-194

BIRCHER E.:
Die Arthroendoskopie. Zentralblatt der Chirurgie 48 (1922) 1460-1461

BIRK T. J., BIRK C. A.:
Use of ratings of perceived exertion for exercise prescriptions. Sports Medicine 4 (1987) 1-8

BIRKNER H.-A., HACKFORT D.:
Aquajogging- Sportorthopädie-Sporttraumatologie 11 (1995) 268-271

BLÖCHINGER E.:
Hypotone und orthostatische Regulationsstörungen und Sport. Diplomarbeit an der TU München 1989

BLÖCHINGER E.:
LIBET - Ein Linear- Isokinetischer Bein-Extensions-Test. Gesundheitssport und Sporttherapie 13 (1997) 169-172

BLÖCHINGER E.:
ORABET – Orthopädisch - Rehabilitatives Arm- und Bein-Ergometer-Training & Test. Gesundheitssport und Sporttherapie 6 (1996) 13-17

BOCHDANSKY T., KOLLOS S.:
Zur Rehabilitation von Kniegelenksverletzungen. ZAT Journal 1-2 (1995) 30-32

BOCK H. E.:
Gesundheit und Wohlbefinden - aus der Sicht des Sports, der Sportwissenschaft und der Sportmedizin.
IN: GABLER H., GÖHNER U. (HRSG):
Für einen besseren Sport. Hofmann-Verlag, Schorndorf 1990: 466-478

BÖHMER et al.:

Das sportmedizinische Untersuchungssystem. Beiheft zum Leistungssport 1975

BORG G.:
An introduction to Borg's RPE-scale. Movement Publications. Ithaka, Victoria 1985

BORG G.:
Physical performance and perceived exertion. Lund (S) Geerup5 (1962) 39-41

BORG G.:
Psychophysical bases of perceived exertion. Medicine and science in sports and exercise 5 (1982) 377-81

BORG G.:
Psychophysical studies of effort and exertion: some historical, theoretical and empirical aspects.
IN: BORG G., OTTOSON D.:
The Perception of exertion in physical work. London 1986. 3-12

BOTTENBERG E.:
Stimmung: Dimensionierte Messung, Situations- und Persönlichkeitsabhängigkeit. Psychologie und Praxis 14 (1970) 18-36

BOXBERG E.:
Der Sportlehrer - Mitglied der freien Berufe. Gesundheitssport und Sporttherapie 13 (1997) 81

BRACH M.:
Sport- und Bewegungstherapie in einer stationären Einrichtung für alte Menschen. Gesundheitssport und Sporttherapie 2 (1997) 44-48

BRODTMANN D.:
Gesundheitsförderung im Schulsport. Sportpädagogik 3 (1998) 15-26

BÜHRLE M., SCHMIDTBLEICHER D.:
Komponenten der Maximal- und Schnellkraft. Sportwissenschaft (1981) 11-27

BURGKART R., GRÜNZINGER W., HOF N., GRADINGER R., FEAGIN J., HIPP E.:
Konservative Behandlung von vorderen Kreuzbandrupturen. Sportorthopädie-Sporttraumatologie 14 (1998) 113-116

CHRISTEN M., DANUSER I., DENOTH J., WANNER, H.-U.:
Ausdauertraining und psychisches Befinden. Schweizer Zeitschrift für Sportmedizin 35 (1987) 63-71

CLAUß G., FINZE F.-R., PARTZSCH L.:
Statistik für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner. Thun-Verlag, Frankfurt/Main 1995[2]

CLANCY W.G., SMITH L.:
Arthroscopic anterior cruciate reconstructive technique. Annales Chir Gynaecol 80 (1991) 141-148
IN: ARTHREX: Operationsanleitung. Transtibia ACL-Rekonstruktion - Broschüre 1999

DALTROY G.:
A controlled trial of an education program to prevent low back pain injuries. New England Journal of Medicine 337 (1997) 322-328

DALY E., LANCEE J., POLIVY J.:
A conical model for the taxonomy of emotional experience. Journal of personality and social psychology. 45 (1983) 443-457

DAVIES G.J.:
A compendium of isokinetics in clinical usage. S & S Publishers, La Crosse 1985

DE MAREES H.:
Sportphysiologie. Diesterweg-Verlag, Frankfurt/Main-Berlin-München 1992[7]

DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (HRSG.):
Das sozio-ökonomische Panel (SOEP). Benutzerhandbuch Version 7: Berlin, November 1993

DIEKSTALL P., SCHULZE W., NOACK W.:
Der Immobilisationsschaden. Sportverletzung-Sportschaden 9 (1995) 35-43

DVGS (DEUTSCHER VERBAND FÜR GESUNDHEITSSPORT UND SPORTTHERAPIE) e.V.:
Qualitätssicherung in der Sporttherapie. Gesundheitssport und Sporttherapie 13 (1997) 150-152

EBNER G., EICHHORN J., FETT H., STROBEL M., BERTAGNOLI R.:
Nachbehandlung nach vorderer Kreuzbandplastik. Patienteninformation 1998

EGGLI D.:
Training und Diagnostik mit Isokinetik. Magglingen 2 (1986) 14-16

EHLENZ H., GROSSER M., ZIMMERMANN E.:
Krafttraining. BLV-Verlag, München-Wien-Zürich 1983

EHRICH D., GEBEL R.:
Aufbautraining nach Sportverletzungen. Münster 1992

EICHHORN H.J., EDER K., STROBEL M.:
Nachbehandlungsstrategie nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. Arthroskopie aktuell. SFA 1095/4 Ausgabe 8 (1998)

ENGELHARDT M., HINTERMANN B., SEGESSER B. (HRSG.):
Gesellschaft für orthopädisch-traumatotolgische Sportmedizin: GOTS - Manual Sporttraumatologie. Huber-Verlag, Bern-Göttingen-Toronto-Seattle 1997

FREIWALD J.:
Prävention und Rehabilitation im Sport. Rowolth- Verlag, Reinbek b. Hamburg 1989

FREIWALD J., ENGELHARDT M.:
Knierehabilitation in der offenen oder geschlossenen Bewegungskette. Aktueller Stand der Diskussion. Physikalische Therapie (1996) 787-792

FREIWALD J., ENGELHARDT M.:
Aspekte der Trainings- und Bewegungslehre neuromuskulärer Dysbalancen. Gesundheitssport und Sport-therapie (1999) 5-12

FREIWALD J., ENGELHARDT M., HUTH D.:
Veränderungen der neuronalen Ansteuerungsmuster der Beinmuskulatur nach Kniebinnentraumen. Posterausstellung und Vortrag beim GOTS-Kongreß in München 1998

FREIWALD J., STARISCHKA S., ENGELHARDT M.
Rehabilitatives Krafttraining. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 44, 9 (1993) 368-378

FROBÖSE 1.:
Isokinetisches Training in Sport und Therapie. Academia Verlag, Sankt Augustin 1996[2]

FROBÖSE 1.:
Trainingskonzepte und Geräteanforderungen im „Gesundheitssportstudio“ und in der ambulanten Rehabilitation. Gesundheitssport und Sporttherapie 5 (1995) 8-11

FROBÖSE 1. DUESBERG F., VERDONCK A., GÖDEKEN C.:
Muskuläre Adaptationen eines submaximalen isokinetischen Trainings nach vorderer Kreuzbandruptur. Orthopädische Praxis 5 (1992) 341-345

FROBÖSE 1. LAGERSTRÖM D.:
Muskeltraining in Prävention und Rehabilitation nach modernen trainingswissenschaftlichen Prinzipien. Gesundheitssport und Sporttherapie 1 und 2 (1991) 12-13 und 9-11

FROBÖSE 1., VERDONCK A., DUESBERG F.:
Auswirkungen unterschiedlicher Belastungsintensitäten im Rahmen eines postoperativen stationären Aufbautrainings auf Leistungsdefizite des M. Quadriceps femoris. Zeitschrift für Orthopädie 131 (1993) 164-167

GEYER M.:
Skisportverletzungen: Analyse aus einem deutschen Skigebiet. Sportverletzung-Sportschaden 3 (1989) 143-8

GÖRTZEN M., SCHMIDT B., STEMPER TH.:
Düsseldorfer Sportrehabilitationszentrum - Optimierung der Rehabilitation nach Sportverletzungen.
IN: RÖSCH H.E., YALDAI S.:
Düsseldorfer sportwissenschaftliche Studien. Aspekte des Sports, Gesundheit - Freizeit. Düsseldorf 1990

GOLLNER E,. KREUZRIEGLER F., KREUZRIEGLER K.:
Rehabilitatives Ausdauertraining.
In: Orthopädie und Traumatologie auf Grundlage der Trainingslehre. München 1991

GOTZEN L., PETERMANN J.:
Nachbehandlung: Das Marburger Modell.
IN: WIESE K., WELLER S. (HRSG.):
Kapsel-Band-Verletzung des Kniegelenks. Symposium der Arbeitsgemeinschaft für Sportverletzungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg (1991) 94-102

GROSSER M., BRÜGGEMANN P., ZINTL F..
Leistungssteuerung in Training und Wettkampf. BLV-Verlag, München-Wien-Zürich 1993

GROSSER M., HERMANN H., TUSKER F., ZINTL F.:
Die sportliche Bewegung. BLV-Verlag, München-Wien-Zürich 1987

GROSSER M., TUSKER F.:
Methode der Kraftdiagnostik. Sportorthopädie-Sporttraumatologie 11 (1986) 142-145

GRUPE O.:
Wohlbefinden und Bewegung im Sport.
IN: GRUPE O. (HRSG.):
Bewegung Spiel und Leistung im Sport - Grundthemen der Sportanthropologie. Schorndorf-Verlag 1982

HALLER W., FLOCK K.:
Neue Wege in der Rehabilitation nach Kniegelenksverletzungen durch isokinetische Trainingsgeräte. Praktische Sport - Traumatologie und Sportmedizin 3 (1987) 46-48

HAMPEL R.:
Adjektive Skalen zur Einschätzung der Stimmung (SES). Diagnostica 23 (1977) 43-60

HECHELTJEN K.-G., MERTESDORF F.:
Entwicklung eines mehrdimensionalen Stimmungs-Fragebogens. Gruppendynamik 40 (1973) 110-122

HECK H.:
Laktat in der Leistungsdiagnostik. Hofmann-Verlag, Schorndorf 1990

HECK H., SCHULZ H.:
Gütekriterien in der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik.
IN: JESCHKE D., LORENZ R.(HRSG.):
Sportartspezifische Leistungsdiagnostik - energetische Aspekte. Bundesinstitut für Sportwissenschaft 6 (1998) 13-26

HELD T.:
Subjektive Belastung, Blutlaktatverhalten und Maximalleistung in Abhängigkeit des Dauerleistungsvermögens. Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie 1 (1995) 15-22

HETTINGER TH.:
Isometrisches Muskeltraining. Thieme-Verlag, Stuttgart 1966

HILL A.V.:
Muscular movement in men. Mc Graw-Hill, New-York 1927

HÖRTERER H.:
Belastungsänderungen am Kniegelenk beim Skilauf aus medizinischer Sicht. Fortschritte der Medizin 3 (1982) 76-78

HÖRTERER H., KALLENBACH J.:
Sicherheit bei alpinen Skirennen 1980 bis 1995. Eine kritische Betrachtung aus medizinischer Sicht. Sportorthopädie-Sporttraumatologie 4 (1996) 270-273

HOFFMANN M.:
Sportmotorische Leistungsänderung im Radsport durch Arm- und Beinarbeit mit dem Bi-Bike. Zulassungsarbeit Albert-Ludwig Universität Freiburg 1997

HOLLMANN W.:
Sportmedizin aus berufs- und gesundheitspolitischer Sicht. Sportorthopädie-Sporttraumatologie 14 (1998) 165-167

HOLLMANN W., HETTINGER TH.:
Sportmedizin: Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Schattauer-Verlag, Stuttgart-New York 1990[3]

HUTZLER Y.:
Tennis und Badminton für Rollstuhlfahrer. Sporttherapie in Theorie und Praxis 1 (1987) 3-5

IMHOFF A., PAPANDREOU A., RODRIGUEZ M.:
Vierjahres-Resultate nach vorderer Kreuzbandplastik nach Insall. Zeitschrift für Orthopädie (1989) 152-62

ISRAEL S.:
Die Nachbelastungs-Herzfrequenz. Medizin und Sport 8 (1976) 249-257

JÄGER M., WIRTH C.J.:
Kapselbandläsionen. Biomechanik, Diagnostik und Therapie. Thieme-Verlag, Stuttgart 1978

JAKOB R.P., STÄUBLI H.U.:
Kniegelenk und Kreuzbänder. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg 1990

JANKE W., DEBUS G.:
Die Eigenschaftswörterliste. Göttingen 1978.

JEROSCH J., DRESCHER H., SCHRÖDER M., LEWEJOHANN B.:
Aktuelle Konzepte bei der Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur - Ergebnisse einer bundesweiten Befragung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 45 (1994) 48-59

JESCHKE D.:
Probleme der Belastbarkeits- und Leistungsdiagnostik. Sportorthopädie-Sporttraumatologie (1998) 173-5

JESCHKE D., LORENZ R.(HRSG.):
Sportartspezifische Leistungsdiagnostik – energetische Aspekte. Bundesinstitut für Sportwissenschaft 6 (1998)

KANG J., ROBERTSON R., GOSS F., DASILVA S., SUMINSKI R., UTTER A., ZOELLER R., METZ K.:
Metabolic efficiency during arm and leg exercise at the same relative intensities. Official Journal of the American College of Sports medicine 1 (1997) 377-381

KIBELE A., MÜLLER K.J., MÜNST P.:
Die Aktivierungscharakteristik der Beinstreckmuskulatur an unterschiedlichen Krafttrainingsgeräten. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 41 (1990) 342-354

KINDERMANN W.:
Dauertraining. Ermittlung der optimalen Trainingsherzfrequenz und Leistungsfähigkeit. Leistungssport 8 (1978) 34-39

KINDERMANN W., COEN B.:
Aerob-anaerobe Schwellenkonzeptionen zur Trainingssteuerung.
IN: JESCHKE D., LORENZ R.(HRSG.):
Sportartspezifische Leistungsdiagnostik – energetische Aspekte. Bundesinstitut für Sportwissenschaft 6 (1998) 37-48

KLIENINGER S.:
Beinkraftmessungen zur Leistungsdiagnostik- Vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Meßsystemen. Magisterarbeit der philosophischen Fakultät: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (1996)

KOLIP P.:
Ernährung und Körperzufriedenheit. Zeitschrift für Gesundheitspsychologie 3 (1995) 97-113

KOHN D., WIRTH C.J.:
Grundsätze zur Nachbehandlung nach autoplastischer Kreuzbandrekonstruktion. Sportverletzung - Sportschaden 3 (1989) 67-73

KRÄMER K.-L., MAICHL F.P., STOCK M.:
Scores, Bewegungsschemata und Klassifikation in Orthopädie und Traumatologie. Thieme-Verlag, Stuttgart 1993: 277-278

KRAHL H.:
Belastbarkeit von Muskeln und Sehnen. Praktische Orthopädie 7 (1977)

KRÖBER S.:
Der Einfluß des Zeitpunktes der postoperativen Rehabilitation unter Berücksichtigung der OP-Technik auf das funktionelle Ergebnis nach vorderer Kreuzbandplastik. Dissertation an der LMU München 1996

KUGEMANN W., TOMAN W. (HRSG.):
Studieneinheit Versuchsplanung. FIM-Verlag, Erlangen 1988

KUHLMANN LAGERSTRÖM

KUNZ M., KOLL R., DROSTE S.:
Medizinisches Aufbautraining. Gesundheits-Dialog-Verlag, Oberhaching 1995

LANFER M.:
Analyse von linear gemessenen Maximalkraftwerten bei Kreuzbandpatienten. Diplomarbeit an der Technischen Universität München 1996

LANG J., WACHSMUTH W.:
Praktische Anatomie 1. Band 4. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1972

LEIST K.-H.:
Lernfeld Sport. Rowolth-Verlag, Reinbek 1993

LEIST K.-H.:
The material and formal way of characterizing movement behaviour and health. Skript zur Veröffentlichung vom Lehrstuhl Sportpädagogik der TU München (1999) 1-10

LOBENHOFFER P., LATTERMANN C., WEIMBERG A.:
Auswirkung von Quadricepstraining in geschlossener bzw. offener Kette auf das Kniegelenk mit vorderer Kreuzbandruptur. Arthroskopie 9 (1996) 96-100

LORENZ R., NIEDERMEIER A., JESCHKE D.:
Präventive Effekte eines selbstgestalteten Skiurlaubs im mittleren Lebensalter. Sportorthopädie - Sporttraumatologie 13.4. (1997) 217-220

LÜHMANN D., KOHLMANN T., RASPE H.:
Rückenschulen: Programme mit umstrittener Wirksamkeit. Public Health Forum 6 (1998) 13

MAITLAND M. E., LOWE R., STEWART S., FUNG T., BELL G.D.:
Does Cybex testing increase knee laxity after anterior cruciate ligament reconstructions? American Journal of Sports Medicine 21 (1993) 690-695

MAYER F., HORSTMANN T., KÜSSWETTER W., DICKHUTH H.-H.:
Isokinetik - Eine Standortbestimmung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 45 (1994) 272-287

MAYR H.:
Diagnostik und Therapie ligamentärer Kniegelenksverletzungen. Krankengymnastik 47, 3 (1995) 325-330

MEERSON F.S.:
Mechanismus der Adaptation. Wissenschaften in der UdSSR 7 (1973) 425-432

MELLEROWICZ H.:
Ergometrie. Urban und Schwarzenberg-Verlag, München 1975

MELLEROWICZ H., FRANZ J.W:
Standardisierung, Validierung und Methodik in der Ergometrie. Perimed-Verlag, Erlangen 1983

MENKE W.:
Biomechanische Analyse des Skisturzes. Enke-Verlag, Stuttgart 1985[1]. 5

MIELKE CH., UHLENBRUCK G.:
Psychosoziale Aspekte im Hinblick auf die Gesundheitszufriedenheit in der modernen Freizeitgesellschaft. Die medizinische Welt 48 (1997) 362-366

MOOR R.:
Aktuelle Befindlichkeit im Sportunterricht - Kann Sport zu unserem Wohlbefinden beitragen? Sporterziehung in der Schule 1995: 18-20

MÜLLER W.:
Das Knie. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1982

MÜNCH E.O.:
Alpiner Skisport.
IN: ENGELHARDT M., HINTERMANN B., SEGESSER B.(HRSG.):
Gesellschaft für orthopädisch-traumatotolgische Sportmedizin: GOTS - Manual Sporttraumatologie Huber-Verlag, Bern-Göttingen-Toronto-Seattle (1997) 371-372

MÜNCH E.O.:
Verletzungen alpiner Skirennläufer. Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin 4 (1985) 39-42

NEUMANN G., SCHÜLER K.-P.:
Sportmedizinische Funktionsdiagnostik. Barth-Verlag, Leipzig 1994

NIESTEN-DIETRICH U.:
Effektivität von Rückenschulkonzepten. Gesundheitssport und Sporttherapie 15 (1999) 114-117

NIMISCH P., GRÜNBERG U.:
Die Sporttherapie im Rehabilitationskonzept einer orthopädisch-traumatologischen Klinik

NITSCH J.:
Die Eigenzustandsskala (EZ-Skala)
IN: NITSCH J., UDRIS I.:
Beanspruchung im Sport. Limpert-Verlag, Bad Homburg 1976

OBERMAIER J.:
Ausdauertraining auf dem Ganzkörperergometer: Physische und psychische Effekte in der Rehabilitation von Vorderen Kreuzbandpatienten. Zulassungsarbeit zum Lehramt an der TU München 1998

PÄSSLER H. H.:
Geschichte der vorderen Kreuzbandchirurgie: Alte und neue Fakten. Arthroskopie 10 (1997) 223-228

PÄSSLER H. H.:
Nachbehandlung nach Bandverletzungen am Kniegelenk. Sonderdruck aus Klinikmagazin - Knieband-verletzungen. Verlag für medizinische Publikationen, Burweg-Bossel 1996

PÄSSLER H. H., SHELBOURNE K.D.:
Biologische, biomechanische und klinische Konzepte zur Nachbehandlung nach Bandeingriffen am Knie. Orthopädie (1993) 421-435

PERRIN D.H.:
Isokinetic exercise and assessment. Human kinetics (1993)

PETERSON J.:
Rehabilitation und Dokumentation nach Kreuzbandverletzungen. Krankengymnastik 42 (1990) 15-23

PETERSON L., RENSTRÖM P.:
Verletzungen im Sport - Handbuch der Sportverletzungen und Sportschäden für Sportler, Übungsleiter und Ärzte. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1987[2]

PFEILSTETTER G.:
Untersuchungen zur Bestimmung der Effektivität unterschiedlicher Krafttrainingsgeräte. Diplomarbeit an der TU München 1996

PITTROFF C., BÖS K., WYDRA G.:
Methodische und pädagogische Maßnahmen zur Optimierung der Trainingssteuerung bei Teilnehmern an stationären Heilbehandlungen. Sporttherapie in Theorie und Praxis 1 (1988) 3-7

PLATZER W.:
DTV-Atlas der Anatomie: Bewegungsapparat. Thieme-Verlag, Stuttgart 1991[6]

PUHL W., NOACK W., SCHARF H.-P., SEDUNKO F. (HRSG.):
Isokinetisches Muskeltraining in Sport und Rehabilitation. Perimed-Verlag, Erlangen 1988

QUINTEN S.:
Sport, Bewegungs- und Tanztherapie. Zeitschrift für Krankengymnastik 5 (1998) 598

RANGER CH.:
Nachbehandlungsergebnisse bei vorderen Kreuzbandoperation. Dissertation an der Universität Innsbruck (1988)

RAPPAPORT J.:
Introduction to the issue.
IN RAPPAPORT J., SWIFF C., HESS R:
Steps toward understanding an action. Prevention in human services. New York 3 (1994) 1-7

REISNER W., FUCHS P., HÖRTERER H., KOLB CH.:
Optimaler Rehabilitationsverlauf nach vorderer Kreuzbandplastik bei einem professionellen Balettänzer. Sportorthopädie-Sporttraumatologie 13 (1997) 180-183

RIEDER H.:
Pädagogische Aspekte in der Sporttherapie. Sporttherapie in Theorie und Praxis 3 (1988) 3-8

RIEDER H.:
Gesundheit und Gesundheitserziehung. Gesundheitsport und Sporttherapie 5 (1996) 4-5

SACHS L.:
Angewandte Statistik. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo 1984

SALTIN B.:
The physiology of competive skiing across a four decade perspective, with a note on training induced adaptations and role of training at medium attitude.
IN MÜLLER E., SCHWAMEDER H. KORNEXL., RASCHNER C.:
Science and Skiing. Spon-Verlag (1997) 435-469

SCHARF H. - P., STUBER B., PUHL W.:
Möglichkeiten und Grenzen des isokinetischen Krafttrainings.
IN: PUHL W. (HRSG.):
Der Muskel. Medizinisch Literarische Verlagsgesellschaft Uelzen 1989: 99-102

SCHAFF P., HAUSER W.:
Schischuh versus Kniegelenk Sportverletzung-Sportschaden 4 (1990) 151-162

SCHEDLOWSKI M., TEWES U.:
Psychoneuroimmunologie. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 1996

SCHIEF A.-H.:
Isokinetische Messung der muskulären Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer lauftrainierter jugendlicher Leistungssportler. Dissertation an der FU Berlin 1990

SCHMIDTBLEICHER D.:
Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit. Bad Homburg 1980

SCHMIDTBLEICHER D.:
Muskuläres Aufbautraining. Skript DVGS-Qualifikationslehrgang Sporttherapie: Der Orthopäde 1996

SCHÜRCH P.:
Leistungsdiagnostik: Theorie und Praxis. Perimed-Verlag, Erlangen 1987

SEGESSER B., MICHEL P., ACKERMANN R., JENOURE P.:
Die Rehabilitation nach Kreuzbandplastik mit dem mittleren Drittel des Ligamentum Patellae beim Sportler. Sportverletzung - Sportschaden 7 (1993) 18-21

SHELBOURNE K.D., NITZ P.:
Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. The American Journal of Sports Medicine 18 (1990) 292-299

SHELBOURNE K.D., WILKENS J.H.:
Current concepts in anterior cruciate reconstruction. Orthopaedic Review 19 (1990) 957-964

SODERBERG G.L., MINOR S.D., ARNOLD K., HENRY T., CHATTERSON J.K., POPPE D.R., WALL C.:
Electromyography analysis of knee exercises in health subjects and in patients with knee pathologies. Phys. Ther. 67, 11 (1987) 1691-1696

STÄUBLI H.-U., JAKOB R.P.:
Natürlicher Verlauf der unbehandelten Ruptur des vorderen Kreuzbandes.
IN: JAKOB R.P., STÄUBLI H.-U. (HRSG.):
Kniegelenk und Kreuzbänder. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1990: 243-251

STEINBRÜCK K., NICOLAUS C.:
Prinzipien der Rehabilitation nach Sportverletzungen - Rehabilitation nach vorderem Kreuzbandersatz. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 47 (1996) 268-272

STOCKHAUSEN W.:
Medizin – Leistungsdiagnostik
IN: WEIß C (Hrsg.):
Handbuch Radsport. BLV-Verlag München-Wien-Zürich 1996, 479-500

STROBEL M., EDER K., EICHHORN H.J.:
Grundlagen zur Nachbehandlung nach VKB-Rekonstruktion. Arthroskopie 10 (1997) 261-267

STROBEL M., STEDTFELD H.W., EICHHORN H.J.:
Diagnostik des Kniegelenkes. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1995

THELEN E., DRYGALSKI K.-H.:
Die Bedeutung eines sporttherapeutischen Aufbautrainings bei Sportverletzungen am Beispiel eines operativ behandelten Kreuzbandrisses. Gesundheitssport und Sporttherapie 2 (1986) 62-64

TRAXEL W., HEIDE H.-J.:
Dimensionen der Gefühle. Psychologische Forschung 26 (1961) 179-204

UHLENBRUCK G., LEDVINA I.:
Glück, Gesundheit, Sport und Immunsystem. Zeitschrift für Physiotherapie 9 (1996) 1363-1368

VERWERTUNGSGESELLSCHAFT (VG) WORT:
Geist und Recht. Urheberschutz im technischen Zeitalter. Striewski-Verlag, München 1992

VERDONCK A., DUESBERG F.:
Möglichkeiten und Grenzen der isokinetischen Trainingssteuerung in der Sportrehabilitation
IN: SPINTGE R., DROH R. (HRSG.):
Schmerz und Sport. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg 1988: 239-245

WALLER H.:
Gesundheitswissenschaft. Eine Einführung in Grundlagen und Praxis. Thieme Verlag, Stuttgart 1995

WANNER H.-U.:
Subjektive Einstufung der Belastung bei Ausdauerleistungen. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 4 (1985) 104-112

WELTGESUNDHEITSORGANISATION (WHO):
Die Ottawa-Charta.
IN: TROJAN A., STUMM B.:
Gesundheit fördern statt kontrollieren. Frankfurt am Main 1992: 84-93

WEIß O.:
Sport, Gesundheit, Gesundheitskultur. Wien-Köln-Weimar 1984

WERCHOSCHANSKY J.W.:
Effektiv trainieren. VEB-Verlag Berlin (Ost) 1992[2]

WILK K.E., ESCAMILLA R.F., FLEISIG S., BARRENTINE S.W., ANDREWS J.R., BOYD M.L.:
A comparison of tibia femoral joint forces and electromyography activity during open and closed kinetic chain exercises. American Journal of Sports Medicine 24 (1996) 518-527

WILKENING F., WILKENING K.:
Versuchsplanung.
IN: KUGEMANN W.F., TOMAN W.:
Studienmaterialien FIM-Psychologie, Erlangen Tübingen 1988

WILLIMCZIK K.:
Statistik im Sport. Hamburg 1993

WIRTH C., JÄGER J.M., KOLB M.:
Die komplexe vordere Knieinstabilität. Thieme Verlag, Stuttgart-New York 1984

WOO S.Y., FOX R.J., SAKANE M., LIVESAY G.A., RUDY T., RUNCO T.J., LI G., ALLEN C.R., FU F.H.:
Kraft und Kraftverteilung im vorderen Kreuzband und ihre klinische Bedeutung. Sportorthopädie-Sporttraumatologie 13 (1997) 37-48

WYDRA G.:
Gesundheitsförderung durch sportliches Handeln: sportpädagogische Analysen einer modernen Facette des Sports 2 (1994) 8-11

WYDRA G.:
Stimmungsmanagement im Gesundheitssport. Gesundheitssport und Sporttherapie 4 (1996) 24-28

YALDAI S., TROWITZSCH L.:
Befindlichkeitsveränderungen von Sporttreibenden und Nicht-sporttreibenden Patienten nach einem vierwöchigen Heilverfahren in einer Rehabilitationsklinik. Rehabilitation 34 (1995) 35-42

YOUNG R.L., LOO D.:
Skier falls and injuries. Skiing Safety 2. University Park Press, Baltimore 1977
IN: MENKE W.:
Biomechanische Analyse des Skisturzes Enke-Verlag, Stuttgart 1985: 5

ZINTL F.:
Ausdauertraining: Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung. BLV-Verlag, München-Wien-Zürich 1994[3]

8 Anhang

8.1 Daten zur „LIBET“ – Messung

Nr.	Code	Test-datum	Zeitraum nach der Operation	Absolut-kraft operierte Seite	Relativ-kraft operierte Seite	Absolut-kraft gesunde Seite	Relativ-kraft gesunde Seite	Vergleich operierte/ gesunde Seite	Train.-Häufig-keit gesamt
1.	2912B	16.05.94	69 Tage	5616 Nm	93,6 Nm	5803 Nm	96,7 Nm	0,97	9 mal
2.	2912B	14.07.95	59 Tage	4944 Nm	82,4 Nm	6959 Nm	116,0 Nm	0,71	9 mal
3.	1910S	28.02.94	52 Tage	7319 Nm	97,6 Nm	10011 Nm	133,5 Nm	0,73	7 mal
4.	1611J	18.07.94	40 Tage	8223 Nm	105,4 Nm	10034 Nm	128,6 Nm	0,82	14 mal
4.	1611J	08.08.94	61 Tage	10487 Nm	132,7 Nm	12070 Nm	152,8 Nm	0,87	14 mal
5.	0610S	16.07.92	51 Tage	4233 Nm	73,0 Nm	4766 Nm	82,2 Nm	0,89	10 mal
5.	0610S	03.08.92	68 Tage	5283 Nm	92,7 Nm	5829 Nm	102,3 Nm	0,91	10 mal
5.	0610S	27.11.92	183 Tage	5380 Nm	96,1 Nm	5813 Nm	103,8 Nm	0,93	10 mal
6.	0905N	14.05.93	151 Tage	6025 Nm	92,7 Nm	8707 Nm	133,9 Nm	0,69	6 mal
6.	0905N	15.06.93	183 Tage	6740 Nm	103,7 Nm	8807 Nm	135,4 Nm	0,77	6 mal
7.	2308F	17.01.94	89 Tage	7169 Nm	105,4 Nm	8565 Nm	126,0 Nm	0,84	9 mal
8.	3005M	03.04.92	50 Tage	6853 Nm	95,2 Nm	10242 Nm	142,3 Nm	0,67	9 mal
8.	3005M	24.09.92	224 Tage	11370 Nm	157,9 Nm	12367 Nm	174,2 Nm	0,91	9 mal
9.	3005M	17.02.95	77 Tage	10762 Nm	143,5 Nm	10470 Nm	139,6 Nm	1,03	15 mal
10.	0710M	15.11.93	67 Tage	6519 Nm	81,5 Nm	9829 Nm	122,9 Nm	0,66	5 mal
11.	1109B	18.01.93	73 Tage	7878 Nm	107,9 Nm	8420 Nm	115,3 Nm	0,94	5 mal
12.	1110J	07.03.94	69 Tage	5870 Nm	91,7 Nm	9353 Nm	146,1 Nm	0,63	7 mal
13.	2503F	08.12.93	64 Tage	8262 Nm	107,3 Nm	10026 Nm	130,2 Nm	0,82	4 mal
14.	0302E	15.10.93	59 Tage	4038 Nm	72,1 Nm	5154 Nm	92,0 Nm	0,78	11 mal
15.	0711I	17.11.92	126 Tage	5725 Nm	95,3 Nm	5416 Nm	90,3 Nm	1,06	15 mal
15.	0711I	02.12.92	141 Tage	6290 Nm	104,8 Nm	5954 Nm	99,2 Nm	1,06	16 mal
16.	1406A	22.02.95	80 Tage	5684 Nm	86,1 Nm	8708 Nm	131,9 Nm	0,65	7 mal
17.	1507A	03.08.92	69 Tage	6598 Nm	95,6 Nm	9125 Nm	132,3 Nm	0,72	10 mal
18.	1906R	28.10.93	69 Tage	6330 Nm	79,1 Nm	9113 Nm	114,0 Nm	0,69	11 mal
19.	1107B	16.09.92	43 Tage	7258 Nm	89,6 Nm	12206 Nm	150,7 Nm	0,59	12 mal
19.	1107B	29.09.92	56 Tage	8615 Nm	105,1 Nm	12822 Nm	156,5 Nm	0,67	14 mal
20.	0501R	18.04.94	75 Tage	9078 Nm	135,5 Nm	9831 Nm	146,7 Nm	0,92	11 mal

21.	0112A	20.10.92	48 Tage	4809 Nm	81,5 Nm	7239 Nm	122,7 Nm	0,66	17 mal
21.	0112A	11.11.92	70 Tage	4879 Nm	81,4 Nm	6902 Nm	114,6 Nm	0,71	17 mal
22.	2503C	15.12.93	72 Tage	7780 Nm	77,8 Nm	10439 Nm	104,4 Nm	0,75	11 mal
23.	3008F	23.02.94	66 Tage	7765 Nm	103,5 Nm	9535 Nm	134,3 Nm	0,77	11 mal
24.	0603M	23.02.94	64 Tage	10500 Nm	125,0 Nm	11953 Nm	142,3 Nm	0,88	10 mal
25.	0112M	27.09.93	62 Tage	8996 Nm	123,2 Nm	9681 Nm	132,6 Nm	0,93	12 mal
26.	1912D	13.10.93	48 Tage	9753 Nm	110,8 Nm	9301 Nm	105,7 Nm	1,05	8 mal
27.	1311A	10.08.93	56 Tage	8987 Nm	108,3 Nm	11132 Nm	134,1 Nm	0,81	13 mal
28.	2009P	14.03.94	73 Tage	6773 Nm	80,6 Nm	8097 Nm	96,4 Nm	0,84	7 mal
29.	2001M	15.11.93	59 Tage	9973 Nm	124,7 Nm	9947 Nm	124,3 Nm	1,00	7 mal
30.	2212H	24.05.94	75 Tage	5582 Nm	78,6 Nm	7161 Nm	110,9 Nm	0,71	9 mal
31.	2105N	18.11.93	65 Tage	4493 Nm	66,1 Nm	5615 Nm	82,6 Nm	0,80	10 mal
31.	2105N	22.12.93	99 Tage	4871 Nm	71,6 Nm	6136 Nm	90,2 Nm	0,79	10 mal
32.	2408S	06.09.93	63 Tage	5512 Nm	84,8 Nm	5726 Nm	88,1 Nm	0,96	9 mal
33.	2901D	18.04.94	67 Tage	8982 Nm	116,6 Nm	10160 Nm	131,9 Nm	0,88	11 mal
34.	2811F	08.09.92	49 Tage	5135 Nm	67,6 Nm	7076 Nm	93,1 Nm	0,73	11 mal
34.	2811F	17.09.92	58 Tage	6448 Nm	82,7 Nm	8149 Nm	104,5 Nm	0,79	11 mal
35.	2811F	20.10.93	69 Tage	8429 Nm	104,1 Nm	9669 Nm	119,4 Nm	0,87	11 mal
36.	0208I	20.07.93	56 Tage	3561 Nm	60,4 Nm	4062 Nm	68,8 Nm	0,88	8 mal
37.	2812K	09.11.93	63 Tage	6759 Nm	77,7 Nm	10341 Nm	118,9 Nm	0,65	5 mal
38.	1702K	30.06.93	57 Tage	5829 Nm	71,1 Nm	10688 Nm	130,3 Nm	0,55	12 mal
38.	1702K	28.07.93	85 Tage	6438 Nm	78,5 Nm	10703 Nm	130,5 Nm	0,60	12 mal
39.	2201D	06.09.93	60 Tage	6761 Nm	112,7 Nm	6914 Nm	115,2 Nm	0,98	8 mal

8.2 Patienten-Informationsblatt (Vorbereitung auf eine „LDU“)

LEISTUNGSDIAGNOSTIK

Sehr geehrte/r Frau / Herr Datum: Zeit:

Sie werden in der **Abteilung Sportrehabilitation**/Bereich Sportmedizin im Haus C, zu einer Leistungsdiagnostischen Untersuchung erwartet.

Testvoraussetzungen:

1. Bitte in leichter Trainingsbekleidung erscheinen.
   Ein **Handtuch** und ein **zweites T-Shirt** sollten mitgebracht werden.
2. Vor dem Test sollten **keine schweren Mahlzeiten** eingenommen werden.
3. Genussmittel wie Alkohol, Kaffee, Tee und Cola können die Untersuchung beeinflussen.
4. Einen Tag vor dem Testtermin ist auf ein **intensives Training** zu verzichten.
5. Ausreichende Nachtruhe sollte gewährleistet sein.
6. **Kein Test bei Krankheit oder Fieber!**

Testablauf:

1. Der Test wird auf einem speziellen Ergometer (Ganzkörperfahrrad) stattfinden.
2. Nach Bedarf braucht die betroffene Extremität nicht belastet werden.
3. Für die Herz-Kreislaufwerte werden Sie mit drei Elektroden am Oberkörper beklebt und eventuell ein Pulsgurt umgeschnallt.
4. Für die Atemparameter ist das Atmen durch ein Mundstück/ Maske mit Atemschlauch notwendig, die Nasenatmung wird mit einer kleinen Plastik-Klemme verhindert.
5. Für die metabolische Leistungsbestimmung wird nach jeder Belastungsstufe (a' 3 Minuten) ein Tropfen Blut aus dem Ohr entnommen.
6. Bei 50 Watt beginnend wird alle 3 Minuten die Belastung um 50 Watt erhöht.
7. **Bitte 3 Minuten lang genau die vorgegebene Belastung einhalten:**

   Level 1 = 50 Watt, Level 2 = 100 Watt Level 3 = 150 Watt u.s.w.
8. Bei Unwohlsein, Beschwerden und starker Erschöpfung (Ausbelastung) wird die Belastung abgebrochen
9. Für die Bestimmung der Erholungswerte ist es notwendig, nach Abbruch der Belastung weiterhin durch das Mundstuck/Maske zu atmen.
10. Nach dem Test besteht die Möglichkeit zum Duschen.

8.3 Auswertungsformular für die leistungsdiagnostischen Daten

Klinik St. Hubertus
83707 Bad Wiessee

Ärztlicher Direktor: Dr.med. H. Hörterer

Sportmedizinische Leistungsdiagnostische Untersuchung (LDU):

Name: Vorname: Straße : PLZ: Ort:

Geburtsdatum: Sportart: Umfang / Kader: Geschlecht: m/w

Körperhöhe (cm): Körpergewicht (kg): Körperfettgehalt (%):

Letzte LDU: Letzter Infekt: Letztes Belastungs-EKG :

Kurz-Diagnose (Herz-Kreislaufkrankheiten ...): OP-Datum: Seite / Betroffene Extremität:

Laufband. o Fahrrad-Ergometer: o Ganzkörperfahrrad: 4-Punkt o 3-Punkt o

Leistung (Watt;km/h)	Zeit (min)	Puls (min-1)	Laktat (mmol/l)	VE (l/min)	VO_2/kg (ml/min)	RQ	Andere Parameter / Bemerkungen:
Ruhe:	1						
Abbruch							
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

Schwellen-werte	Puls (min-1)	Leistung (Watt;km/h)	VO2/kg (ml/min)	RQ	Andere Parameter/ Bemerkungen
Laktat **2**					
Laktat **3**					
Laktat **4**					
individuell					

EB 9/95

8.4 „BFS“-Erfassungsbogen nach ABELE/BREHM (1986)

8.4.1 Fragebogen

Datum:................

Geschlecht: weiblich ☐ männlich ☐

Alter:...........Jahre

Code: ☐ (Geburtstag, Geburtsmonat, Anfangsbuchstabe Vorname)

Dies ist eine Liste von Wörtern, mit denen man beschreiben kann, wie man sich augenblicklich fühlt. Bitte gehen Sie die Wörter der Liste nacheinander durch und entscheiden Sie sofort bei jedem Wort, ob es für Ihr augenblickliches Befinden zutrifft oder nicht.

Wichtig:
- Beurteilen Sie nur, wie Sie sich augenblicklich fühlen;
- Geben Sie die Antwort, die Ihnen unmittelbar in den Sinn kommt;
- Wenn Ihnen die Antwort schwerfällt, nennen Sie die, die am ehesten zutrifft;
- Bitte kreuzen Sie bei jedem Wort eine Antwort an und lassen Sie keines der Wörter aus.

Nr.	Wort		
1	gedrückt	ja ☐	nein ☐
2	ruhelos	ja ☐	nein ☐
3	unbeschwert	ja ☐	nein ☐
4	betrübt	ja ☐	nein ☐
5	nachdenklich	ja ☐	nein ☐
6	frisch	ja ☐	nein ☐
7	passiv	ja ☐	nein ☐
8	mißmutig	ja ☐	nein ☐
9	traurig	ja ☐	nein ☐
10	beschaulich	ja ☐	nein ☐
11	ärgerlich	ja ☐	nein ☐
12	nach innen gekehrt	ja ☐	nein ☐
13	angeregt	ja ☐	nein ☐
14	locker	ja ☐	nein ☐
15	nervös	ja ☐	nein ☐
16	niedergeschlagen	ja ☐	nein ☐
17	gelöst	ja ☐	nein ☐
18	träumerisch	ja ☐	nein ☐
19	angenehm	ja ☐	nein ☐
20	verkrampft	ja ☐	nein ☐
21	energielos	ja ☐	nein ☐
22	lasch	ja ☐	nein ☐
23	unglücklich	ja ☐	nein ☐
24	sauer	ja ☐	nein ☐
25	träge	ja ☐	nein ☐
26	angespannt	ja ☐	nein ☐
27	gereizt	ja ☐	nein ☐
28	ausgezeichnet	ja ☐	nein ☐
29	entspannt	ja ☐	nein ☐
30	voller Energie	ja ☐	nein ☐
31	besinnlich	ja ☐	nein ☐
32	ruhig	ja ☐	nein ☐
33	tatkräftig	ja ☐	nein ☐
34	aktiv	ja ☐	nein ☐
35	kribbelig	ja ☐	nein ☐
36	gut gelaunt	ja ☐	nein ☐
37	mürrisch	ja ☐	nein ☐
38	gelassen	ja ☐	nein ☐
39	freudig	ja ☐	nein ☐
40	lahm	ja ☐	nein ☐

8.4.2 Zuordnung der Adjektive zu den einzelnen Subskalen der Befindlichkeit

Aktiviertheit:	6 frisch	**Ärger:**	8 mißmutig
	13 angeregt		11 ärgerlich
	30 voller Energie		24 sauer
	33 tatkräftig		27 gereizt
	34 aktiv		37 mürrisch
Gehobene Stimmung:	3 unbeschwert	**Erregtheit:**	2 ruhelos
	19 angenehm		15 nervös
	28 ausgezeichnet		20 verkrampft
	36 gut gelaunt		26 angespannt
	39 freudig		35 kribbelig
Besinnlichkeit:	5 nachdenklich	**Deprimiertheit:**	1 gedrückt
	10 beschaulich		2 betrübt
	12 nach innen gekehrt		9 traurig
	18 träumerisch		16 niedergeschlagen
	31 besinnlich		23 unglücklich
Ruhe:	14 locker	**Energielosigkeit:**	7 passiv
	17 gelöst		21 energielos
	29 entspannt		22 lasch
	32 ruhig		25 träge
	38 gelassen		40 lahm

8.5 Fragebogen zur Befindlichkeit

Fragebogen zur Befindlichkeit-K

Code: ☐☐☐☐☐ (Geburtstag; -monat; 1. Buchstabe Vorname)

A B C D E F G

Welches Gesicht könnte am besten verdeutlichen, wie **Sie** sich **jetzt, in diesem Moment** fühlen? (Bitte kreuzen Sie den Buchstaben unter dem betreffenden Gesicht an).
Es folgt eine Liste von Wörtern, mit denen man beschreiben kann, wie man sich augenblicklich fühlt. Bitte gehen Sie die Wörter der Liste nacheinander durch und entscheiden Sie sofort bei jedem Wort, ob es für Ihr augenblickliches Befinden zutrifft oder nicht.

1.	**frisch**	ja	☐	nein	☐
2.	**passiv**	ja	☐	nein	☐
3.	**mißmutig**	ja	☐	nein	☐
4.	**ärgerlich**	ja	☐	nein	☐
5.	**angeregt**	ja	☐	nein	☐
6.	**locker**	ja	☐	nein	☐
7.	**gelöst**	ja	☐	nein	☐
8.	**energielos**	ja	☐	nein	☐
9.	**lasch**	ja	☐	nein	☐
10.	**sauer**	ja	☐	nein	☐
11.	**träge**	ja	☐	nein	☐
12.	**gereizt**	ja	☐	nein	☐
13.	**entspannt**	ja	☐	nein	☐
14.	**voller Energie**	ja	☐	nein	☐
15.	**ruhig**	ja	☐	nein	☐
16.	**tatkräftig**	ja	☐	nein	☐
17.	**aktiv**	ja	☐	nein	☐
18.	**mürrisch**	ja	☐	nein	☐
19.	**gelassen**	ja	☐	nein	☐
20.	**lahm**	ja	☐	nein	☐

8.5.1 Zugeordnete Adjektive zu den Subskalen der Befindlichkeit

Aktiviertheit:	1 frisch	**Ärger:**	3 mißmutig
	5 angeregt		4 ärgerlich
	14 voller Energie		10 sauer
	16 tatkräftig		12 gereizt
	17 aktiv		18 mürrisch
Ruhe:	6 locker	**Energielosigkeit:**	2 passiv
	7 gelöst		8 energielos
	13 entspannt		9 lasch
	15 ruhig		11 träge
	19 gelassen		20 lahm

8.6 Persönliche Angaben zu den Probanden

Code: Setzt sich zusammen aus Geburtstag, Geburtsmonat und Anfangsbuchstaben des Vornamens

Geschl: Geschlecht: W = weiblich
M = männlich

sportl. L.: sportliches Leistungsniveau
Kriterien für die Einteilung in die verschiedenen Gruppen siehe 9.2.1 Einteilung nach sportlicher Betätigung und Leistungsniveau

Nr.	Code	Geschl.	geboren	Alter	Größe	Gewicht	sportl. L.
1	2912B	W	29.12.1960	33 Jahre	168 cm	60 kg	2
2	2912B	W	29.12.1960	34 Jahre	168 cm	62 kg	2
3	1910S	M	19.10.1973	20 Jahre	183 cm	75 kg	3
4	1611J	M	16.11.1973	20 Jahre	183 cm	77 kg	2
5	0610S	W	06.10.1967	24 Jahre	175 cm	58 kg	3
6	0905N	W	09.05.1967	25 Jahre	172 cm	65 kg	1
7	2308F	M	23.08.1965	28 Jahre	170 cm	65 kg	3
8	3005M	M	30.05.1973	18 Jahre	174 cm	75 kg	2
9	3005M	M	30.05.1973	21 Jahre	174 cm	75 kg	1
10	0710M	M	07.10.1957	36 Jahre	183 cm	80 kg	3
11	1109B	M	11.09.1958	34 Jahre	170 cm	74 kg	3
12	1110J	M	11.10.1956	37 Jahre	173 cm	63 kg	3
13	2503F	M	25.03.1970	23 Jahre	180 cm	75 kg	3
14	0302E	W	03.02.1951	42 Jahre	158 cm	55 kg	4
15	0711I	W	07.11.1959	32 Jahre	168 cm	60 kg	3
16	1406A	W	14.06.1975	19 Jahre	174 cm	67 kg	1
17	1507A	M	15.07.1961	30 Jahre	181 cm	70 kg	2
18	1906R	M	19.06.1967	26 Jahre	182 cm	78 kg	3
19	1107B	M	11.07.1967	25 Jahre	179 cm	83 kg	1

20	0501R	M	05.01.1975	19 Jahre	170 cm	67 kg	2
21	0112A	W	01.12.1964	27 Jahre	171 cm	59 kg	2
22	2503C	M	25.03.1959	34 Jahre	190 cm	100 kg	3
23	3008F	M	30.08.1976	17 Jahre	176 cm	71 kg	3
24	0603M	M	06.03.1974	19 Jahre	183 cm	81 kg	3
25	0112M	M	01.12.1970	22 Jahre	180 cm	73 kg	4
26	1912D	M	19.12.1974	18 Jahre	191 cm	88 kg	1
27	1311A	M	13.11.1969	23 Jahre	183 cm	82 kg	2
28	2009P	M	20.09.1959	34 Jahre	189 cm	84 kg	3
29	2001M	M	20.01.1970	23 Jahre	187 cm	86 kg	3
30	2212H	M	22.12.1950	43 Jahre	175 cm	71 kg	3
31	2105N	W	21.05.1962	31 Jahre	174 cm	66 kg	4
32	2408S	W	24.08.1976	16 Jahre	178 cm	65 kg	3
33	2901D	M	29.01.1966	28 Jahre	183 cm	76 kg	3
34	2811F	M	28.11.1974	18 Jahre	175 cm	80 kg	3
35	0208I	W	02.08.1965	27 Jahre	169 cm	58 kg	3
36	2812K	M	28.12.1950	42 Jahre	189 cm	88 kg	2
37	1702K	M	17.02.1955	38 Jahre	183 cm	83 kg	2
38	2201D	M	22.01.1977	16 Jahre	167 cm	60 kg	2
39	0905D	M	30.03.1964	27 Jahre	187 cm	86 kg	3
40	1105M	M	22.11.1970	23 Jahre	171 cm	70 kg	3
41	2112U	M	04.09.1961	32 Jahre	170 cm	63 kg	3
42	2212T	M	11.07-1957	36 Jahre	170 cm	67 kg	3

8.7 Ergebnisse der Leistungsdiagnostik

8.7.1 maximale Sauerstoffaufnahme

1. LDU: Ergebnisse der ersten leistungsdiagnostischen Untersuchung (Eingangstest)
2. LDU: Ergebnisse der zweiten leistungsdiagnostischen Untersuchung (Abschlusstest)

Veränderung: Verbesserung (+) bzw. Verschlechterung (-) zwischen der ersten und zweiten leistungsdiagnostischen Untersuchung

				VO_2max in ml/kg/min		
Nr.	**Code**	**Geschl.**	**sportl. L.**	**1. LDU**	**2. LDU**	**Veränderung**
1	2912B	w	2	28,3	36	7,7
2	2912B	w	2	31,5	34,4	2,9
3	1910S	m	3	45,2	44,5	-0,7
4	1611J	m	2	43,6	51	7,4
5	0610S	w	3	31,1	33,6	2,5
6	0905N	w	1	32,1	39,5	7,4
7	2308F	m	3	29	35,2	6,2
9	3005M	m	1	31,8	35,3	3,5
10	0710M	m	3	42,6	40,4	-2,2
11	1109B	m	3	43,9	45	1,1
12	1110J	m	3	37	47,5	10,5
14	0302E	w	4	24,7	29,2	4,5
15	0711I	w	3	28,4	37,8	9,4
17	1507A	m	2	45,9	44,7	-1,2
18	1906R	m	3	44,8	48	3,2
20	0501R	m	2	43,6	55,1	11,5
21	0112A	w	2	37,8	41,9	4,1
22	2503C	m	3	30,2	33,8	3,6
23	3008F	m	3	44,1	39,4	-4,7
24	0603M	m	3	42,5	51,3	8,8
25	0112M	m	4	34,3	41,9	7,6
26	1912D	m	1	44,6	46	1,4
27	1311A	m	2	35,1	43,1	8
28	2009P	m	3	40,6	47,1	6,5
29	2001M	m	3	30	36,5	6,5

30	2212H	m	3	36,9	42,8	5,9
31	2105N	w	4	33,7	36,8	3,1
32	2408S	w	3	29	29,4	0,4
33	2901D	m	3	42	48,9	6,9
34	2811F	m	3	38,2	39,7	1,5
35	0208I	w	3	32,2	37,4	5,2
36	2812K	m	2	42,6	45,8	3,2
37	1702K	m	2	47,3	44,2	-3,1
38	2201D	m	2	42,1	49,3	7,2
39	0905D	m	3	28,3	32,5	4,2
40	1105M	m	3	42,7	51,4	8,7
41	2112U	m	3	51	50,2	-0,8
42	2212T	m	3	54,2	44,7	-9,5
			Mittelwert	37,97	41,88	3,91
			Standardabweichung	7,19	6,50	4,41

8.7.2 Nachbelastungspuls

Nr.	Code	sportl. L.	Geschl.	1. LDU	2. LDU	Veränderung
1	2912B	2	w	81	77	4
2	2912B	2	w	80	84	-4
3	1910S	3	m	115	110	5
4	1611J	2	m	102	103	-1
5	0610S	3	w	145	127	18
6	0905N	1	w	107	100	7
7	2308F	3	m	110	97	13
9	3005M	1	m	85	87	-2
10	0710M	3	m	103	102	1
11	1109B	3	m	110	95	15
12	1110J	3	m	131	131	0
13	2503F	3	m	115	113	2
14	0302E	4	w	114	103	11
15	0711I	3	w	97	112	-15
16	1406A	1	w	106	111	-5
17	1507A	2	m	118	90	28
18	1906R	3	m	119	118	1

19	1107B	1	m	109	103	6
20	0501R	2	m	110	126	-16
21	0112A	2	w	106	105	1
22	2503C	3	m	103	102	1
23	3008F	3	m	116	106	10
24	0603M	3	m	119	128	-9
25	0112M	4	m	154	132	22
26	1912D	1	m	107	115	-8
27	1311A	2	m	125	131	-6
28	2009P	3	m	129	131	-2
29	2001M	3	m	132	131	1
30	2212H	3	m	92	80	12
31	2105N	4	w	124	126	-2
32	2408S	3	w	118	127	-9
33	2901D	3	m	154	139	15
34	2811F	3	m	118	102	16
35	0208I	3	w	109	117	-8
36	2812K	2	m	135	120	15
37	1702K	2	m	107	108	-1
38	2201D	2	m	125	127	-2
39	0905D	3	m	106	99	7
40	1105M	3	m	98	100	-2
41	2112U	3	m	107	93	14
42	2212T	3	m	106	105	1
Mittelwert				113,34	110,07	3,27
Standardabweichung				16,32	15,66	9,72

8.7.3 Puls- und Wattwerte aller Patienten bei den Laktatstufen 2, 3, 4

				Laktatstufe 2				Laktatstufe 3				Laktatstufe 4			
				Watt		Puls		Watt		Puls		Watt		Puls	
Nr.	**Code**	**Geschl.**	**sportl. L.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**
2	2912B	w	2	25	50	83	103	75	100	117	130	105	120	138	142
3	1910S	m	3	60	70	127	125	90	100	143	137	120	125	153	145
4	1611J	m	2	125	100	138	115	145	150	155	140	175	180	167	157
5	0610S	w	3	55	50	160	140	75	70	168	158	90	85	178	168
6	0905N	w	1	50	50	105	105	105	150	140	160	145	200	170	175
7	2308F	m	3	55	60	122	100	70	110	133	123	90	130	144	153
9	3005M	m	1	90	110	128	118	125	170	141	143	160	210	150	155
10	0710M	m	3	55	55	110	110	100	100	125	125	145	145	143	150
11	1109B	m	3	100	150	130	122	145	200	150	143	170	225	158	152
12	1110J	m	3	75	50	135	115	110	125	162	150	140	160	175	170
13	2503F	m	3	60	75	102	108	110	145	125	140	140	175	145	152
14	0302E	w	4	50	60	130	128	60	80	142	147	80	105	153	160
15	0711I	w	3	70	70	130	120	100	105	148	135	120	125	158	152
16	1406A	w	1	95	90	130	120	125	125	145	138	150	150	160	152
18	1906R	m	3	80	110	120	120	140	160	147	140	165	185	160	155
19	1107B	m	1	120	125	128	117	160	180	153	142	185	220	166	158
20	0501R	m	2	60	75	98	105	120	125	130	130	150	155	152	155
21	0112A	w	2	110	150	148	165	140	180	168	180	165	210	176	187
22	2503C	m	3	110	55	128	90	150	165	142	130	175	215	148	147
23	3008F	m	3	40	45	125	125	85	120	140	140	110	165	150	165
24	0603M	m	3	100	125	123	152	145	170	145	170	170	195	160	183

				Laktatstufe 2				Laktatstufe 3				Laktatstufe 4			
				Watt		Puls		Watt		Puls		Watt		Puls	
Nr.	**Code**	**Geschl.**	**sportl. L.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**
25	0112M	m	4	50	50	145	120	110	115	172	150	130	145	182	170
26	1912D	m	1	130	125	138	133	180	175	158	158	210	210	170	172
27	1311A	m	2	50	125	130	140	150	180	155	162	200	210	166	168
28	2009P	m	3	110	100	130	120	150	185	145	156	175	215	158	163
29	2001M	m	3	70	100	133	147	110	135	158	168	160	165	170	175
30	2212H	m	3	50	150	90	110	115	188	128	135	155	215	147	155
31	2105N	w	4	50	100	138	150	80	130	153	162	110	150	167	172
32	2408S	w	3	50	50	125	125	90	90	155	155	120	120	173	165
33	2901D	m	3	50	50	155	133	80	112	158	138	115	152	165	147
34	2811F	m	3	100	100	125	118	135	165	143	141	160	190	155	157
35	0208I	w	3	50	50	135	135	80	100	150	155	100	120	165	168
36	2812K	m	2	65	75	112	110	115	150	123	130	160	180	138	143
37	1702K	m	2	100	125	100	113	140	170	120	126	165	200	140	140
38	2201D	m	2	85	50	152	128	110	80	162	147	125	110	173	162
39	2408K	w	3	100	50	135	100	130	120	150	135	160	150	160	152
40	0912G	m	3	85	100	108	120	150	150	140	150	180	180	158	162
41	2211L	m	3	90	50	145	129	135	120	155	159	160	150	163	170
42	1108C	w	3	50	85	107	115	105	155	134	148	155	185	152	158
Mittelwert				74,87	83,59	125,72	121,77	116,41	137,18	145,59	145,54	145,90	167,36	159,13	159,79
Standardabweichung				26,52	32,85	17,20	15,38	28,53	34,04	13,46	13,26	30,63	36,89	11,37	11,01

8.8 Ergebnisse des Befindlichkeitsfragebogens

8.8.1 Die Angaben der Patienten zu den einzelnen Adjektiven

0: Patient antwortete mit „ja“

1: Patient antwortete mit „nein“

		Gesichter		frisch		passiv		mißmutig		ärgerlich		angeregt		locker	
Nr.	Code	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
1	2912B	B	B	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
2	2912B	C	B	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
3	1910S	B	B	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
5	0610S	D	C	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
6	0905N	B	B	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
7	2308F	C	B	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
8	3005M	C	C	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
9	3005M	C	B	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
10	0710M	C	B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
12	1110J	D	B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
13	2503F	C	B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
14	0302E	D	B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
15	0711I	C	B	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
17	1507A	D	B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
18	1906R	D	C	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
19	1107B	D	C	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
20	0501R	D	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
21	0112A	D	B	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
23	3008F	D	C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
24	0603M	C	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
25	0112M	C	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
26	1912D	D	B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
27	1311A	D	C	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
28	2009P	D	B	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
29	2001M	C	C	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
30	2212H	D	B	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
31	2105N	D	D	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
32	2408S	D	B	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
33	2901D	C	B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
34	2811F	E	D	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
35	0208I	D	B	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
36	2812K	D	C	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
37	1702K	D	C	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
38	2201D	D	B	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1

		gelöst		**energielos**		**lasch**		**sauer**		**träge**		**gereizt**		**entspannt**	
Nr.	**Code**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**
1	2912B	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	2912B	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
3	1910S	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5	0610S	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
6	0905N	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2308F	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
8	3005M	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	3005M	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10	0710M	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
12	1110J	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
13	2503F	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	0302E	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
15	0711I	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17	1507A	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
18	1906R	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
19	1107B	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
20	0501R	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21	0112A	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
23	3008F	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0603M	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
25	0112M	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
26	1912D	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1311A	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
28	2009P	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
29	2001M	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
30	2212H	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
31	2105N	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
32	2408S	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
33	2901D	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
34	2811F	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
35	0208I	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
36	2812K	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
37	1702K	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	2201D	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	2212T	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0

		voller En.		ruhig		tatkräftig		aktiv		mürrisch		gelassen		lahm	
Nr.	**Code**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**	**1.**	**2.**
1	2912B	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
2	2912B	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
3	1910S	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
5	0610S	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
6	0905N	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
7	2308F	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
8	3005M	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0
9	3005M	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
10	0710M	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
12	1110J	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
13	2503F	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
14	0302E	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
15	0711I	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
17	1507A	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
18	1906R	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
19	1107B	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
20	0501R	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
21	0112A	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
23	3008F	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
24	0603M	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
25	0112M	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
26	1912D	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
27	1311A	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
28	2009P	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
29	2001M	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
30	2212H	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
31	2105N	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0
32	2408S	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
33	2901D	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
34	2811F	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
35	0208I	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
36	2812K	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
37	1702K	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
38	2201D	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
42	2212T	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0

8.8.2 Auswertung des Befindlichkeits-Fragebogens:

		Aktiviertheit		Ruhe		Ärger		Energielosigkeit	
Nr.	Code	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
1	2912B	4	4	4	5	0	0	1	3
2	2912B	4	4	5	5	0	0	1	1
3	1910S	3	5	5	5	0	0	0	0
5	0610S	3	4	4	5	0	0	1	0
6	0905N	4	5	4	4	0	0	0	0
7	2308F	4	4	4	4	0	1	2	0
8	3005M	4	4	4	5	0	0	2	0
9	3005M	5	4	2	5	0	0	0	0
10	0710M	4	5	5	5	1	0	0	0
12	1110J	3	5	5	3	0	0	3	0
13	2503F	4	4	4	5	0	0	0	0
14	0302E	3	4	5	5	0	0	1	0
15	0711I	2	5	4	5	0	0	1	0
17	1507A	3	5	5	5	0	0	3	0
18	1906R	3	5	5	5	0	0	2	0
19	1107B	3	5	5	5	0	0	4	0
20	0501R	2	4	4	5	0	0	1	0
21	0112A	3	5	4	4	0	0	3	0
23	3008F	1	3	4	4	0	0	2	0
24	0603M	3	4	5	4	0	0	1	0
25	0112M	2	3	5	5	1	0	4	0
26	1912D	1	4	3	4	0	0	3	0
27	1311A	2	4	2	5	1	0	3	1
28	2009P	1	2	3	4	1	0	3	0
29	2001M	3	2	5	5	0	0	1	0
30	2212H	2	4	5	5	0	0	3	0
31	2105N	0	3	3	4	2	0	5	3
32	2408S	1	4	4	5	2	0	3	0
33	2901D	1	4	3	4	0	0	4	0
34	2811F	0	2	1	4	1	1	5	0
35	0208I	3	4	4	5	1	0	4	0
36	2812K	0	4	3	4	0	0	3	0
37	1702K	1	3	2	4	0	0	3	0
38	2201D	1	5	2	4	1	0	3	0
42	2212T	3	4	4	2	0	0	4	1

8.9 Werte und Berechnungen zu den Korrelationen

8.9.1 Während des „ORABET“ gemessene Puls- und Laktatwerte

1.: Werte gemessen beim ersten ORABET-Training nach der 1. LDU

2.: Werte gemessen beim ORABET-Training unmittelbar vor der 2. LDU

		Puls		Laktat				Puls		Laktat	
Nr.	Code	1.	2.	1.	2.	Nr.	Code	1.	2.	1.	2.
1	2912B	145	115	4,62	3,1	22	2503C	159	142	4,41	2,91
2	2912B	122	120	3,05	2,91	23	3008F	151	140	5,33	3,12
3	1910S	165	143	5,21	2,88	24	0603M	160	145	6,22	3,61
4	1611J	175	155	6,22	3,05	25	0112M	177	172	3,99	3,29
5	0610S	182	168	6,96	3,32	26	1912D	175	158	6,44	3,22
6	0905N	155	140	5,45	2,98	27	1311A	175	155	5,97	3,1
7	2308F	145	133	4,99	3,22	28	2009P	172	145	4,88	3,03
8	3005M	163	141	5,48	3,11	29	2001M	170	158	5,88	3,51
9	3005B	150	145	3,45	3,33	30	2212H	155	128	5,88	3,9
10	0710M	135	125	4,65	3,88	31	2105N	180	153	6,22	3,01
11	1109B	155	150	3,41	3,27	32	2408S	166	155	4,03	3,33
12	1110J	180	162	4,98	3,22	33	2901D	161	158	4,09	2,98
13	2503F	135	125	3,73	3,41	34	2811F	183	143	8,66	3,32
14	0302E	140	142	2,58	3,08	35	0208I	165	150	4,22	3,1
15	0711I	154	140	5,13	3,45	36	1812K	147	123	5,99	3,31
16	1406A	165	145	7,45	3,41	37	1702K	129	120	3,66	2,98
17	1507A	155	138	4,99	3,25	38	1208D	182	162	7,34	3,55
18	1906R	175	147	5,31	3,22	39		165	150	5,01	3,08
19	1107B	172	153	6,31	3,17	40		159	140	6,34	3,05
20	0501R	140	130	3,65	3,09	41		166	155	5,01	3,42
21	0112A	180	168	7,98	3,51	42		151	132	4,81	3,17

8.9.2 Veränderungen der maximalen Sauerstoffaufnahme und der Befindlichkeit

Ein „-“ vor der Zahl bedeutet eine negative Veränderung zwischen den zwei Messungen, kein Vorzeichen eine positive Veränderung.

Nr.	Code	VO_2max	Aktiviertheit	Ruhe	Ärger	Energielosigkeit
1	2912B	7,7	0	1	0	2
2	2912B	2,9	0	0	0	0
3	1910S	-0,7	2	0	0	0
5	0610S	2,5	1	1	0	-1
6	0905N	7,4	1	0	0	0
7	2308F	6,2	0	0	1	-2
8	3005M	3,5	-1	3	0	0
10	0710M	-2,2	1	0	-1	0
12	1110J	10,5	2	-2	0	-3
15	0711I	9,4	3	1	0	-1
17	1507A	-1,2	2	0	0	-3
18	1906R	3,2	2	0	0	-2
20	0501R	11,5	2	1	0	-1
21	0112A	4,1	2	0	0	-3
23	3008F	-4,7	2	0	0	-2
24	0603M	8,8	1	-1	0	-1
25	0112M	7,6	1	0	-1	-4
26	1912D	1,4	3	1	0	-3
27	1311A	8	2	3	-1	-2
28	2009P	6,5	1	1	-1	-3
29	2001M	6,5	-1	0	0	-1
30	2212H	5,9	2	0	0	-3
31	2105N	3,1	3	1	-2	-2
32	2408S	0,4	3	1	-2	-3
33	2901D	6,9	3	1	0	-4
34	2811F	1,5	2	3	0	-5
35	0208I	5,2	1	1	-1	-4
36	2812K	3,2	4	1	0	-3
37	1702K	-3,1	2	2	0	-3
38	2201D	7,2	4	2	-1	-3
42	2212T	-9,5	1	-2	0	-3

Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand am Lehrstuhl für Sportpädagogik der Technischen Universität München bei Univ.-Prof. Dr. phil. Karl-Heinz Leist.

Mein besonderer Dank gilt ihm als Lehrstuhlinhaber für die äußerst kooperative Betreuung.

Als Zweitkorrektor hat speziell bei der Gliederung und Strukturierung der Arbeit der Leiter der Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie: Univ.-Prof. Dr. med. Andreas Imhoff geholfen.

Bereits seit meiner Zeit als wissenschaftliche Hilfskraft haben Prof. Dr. Dieter Jeschke und sein Team (Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin) stets ein offenes Ohr für mich und halfen anstehende Probleme zu beseitigen.

Großer Dank gebührt, stellvertretend für die Klinik St. Hubertus in Bad Wiessee, dem ärztlichen Direktor: Dr. Hubert Hörterer und dem Leiter der Abteilung für Sportrehabilitation: Martin Auracher. Als meine ehemaligen Vorgesetzten haben sie durch die Überlassung des Datenmaterials die Studie erst ermöglicht.

Bei der Erhebung der Daten unterstützten mich meine ehemaligen Arbeitskollegen Klaus Remuta und Matthias Müller.

Mein besonderer Dank gilt dem Lehramtsreferendar Johann Obermaier, der im Rahmen seiner Zulassungsarbeit (OBERMAIER 1998) große Teile des Datenmaterials auswertete und entscheidend bei der Realisierung dieser Arbeit mithalf.

Für die zahlreichen wertvollen Ratschläge und Hilfestellungen möchte ich mich bei all denen bedanken, die mir immer wieder selbstlos die Probleme bei der Datenverarbeitung aus dem Weg schufen. Namentlich besonders erwähnen möchte ich den Software-Support-Ingenieur Josef Eisenauer der Firma Microsoft®.

Die Buchwissenschaftlerin Sabine Blöchinger übernahm den lektorischen Bereich.
Mein größter Dank gilt meiner Frau und meinen Kindern, die für mein Faible viel Verständnis aufbrachten und oftmals auf mich verzichten mussten.